

Измайлова Анна Владиленовна

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЁМОВ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ТЕНДЕНЦИИ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ**

Специальность: 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
доктора географических наук

Москва – 2019

Работа выполнена в лаборатории географии и гидрологии
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института озероведения Российской академии наук (г. Санкт-Петербург)

Научный консультант **Румянцев Владислав Александрович,**
академик РАН, доктор географических наук, научный
руководитель ИНОЗ РАН

Официальные оппоненты **Филатов Николай Николаевич,**
чл.-корр. РАН, доктор географических наук, профессор;
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт водных проблем Севера Карельского Научного Центра
РАН, директор

Вуглинский Валерий Сергеевич,
доктор географических наук, профессор; Федеральное
государственное бюджетное учреждение Государственный
гидрологический институт, г. н. с., начальник Международного
центра данных по гидрологии озёр и водохранилищ

Даценко Юрий Сергеевич,
Доктор географических наук, Московский Государственный
Университет, географический факультет, профессор.

Ведущая организация Российский государственный гидрометеорологический
университет

Защита диссертации состоится «7» февраля 2020 г. в 11.00 на заседании диссертационного
совета Д 002.046.04 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт географии Российской академии наук» по адресу: 119017, Москва,

Старомонетный пер., д. 29.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института географии РАН по адресу:
119017, Москва, Старомонетный пер., д. 29 и на сайте Института: <http://igras.ru/defences>

Автореферат разослан «_____» _____ 2019 г.

Отзывы на автореферат (в электронном виде и на бумажных носителях в двух экземплярах,
заверенные подписью и печатью) просим направлять по адресу 119017, г. Москва,
Старомонетный пер, д. 29, ученому секретарю Диссертационного совета Д 002.046.04,
Зайцевой И.С.

Факс 8 (495) 959-00-33, e-mail: d00204604@igras.ru;

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук



И.С. Зайцева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. С каждым годом проблемы, связанные с водообеспечением, ощущаются в мире всё более остро, и вопросы оценки запасов пресной воды выходят на передний план при планировании практически всех видов хозяйственной деятельности. Внимание специалистов при этом фокусируется как на оценках существующих запасов вод, так и происходящих с ними изменений, затрагивающих их количественные и качественные характеристики.

Среди поверхностных водных ресурсов наряду с речным стоком важнейшую роль играют водные ресурсы водоёмов с замедленным водообменом, как естественных, так и искусственных. Искусственные водоёмы изначально создаются для решения хозяйственных задач. По мере ускорения технического прогресса всё более интенсивно эксплуатируются и озёрные воды, при этом, в силу замедленной возобновляемости, их запасы оказываются крайне чувствительными к нарушениям естественного гидрологического цикла. Существенные изменения площадей озёр, а также объёмов заключённых в них вод могут происходить как за счёт антропогенного фактора (гидростроительства, мелиоративных работ и др.), так и благодаря климатическим изменениям. Объективные данные о современном состоянии фонда естественных и искусственных водоёмов страны и происходящих с ним изменениях представляются крайне важной информацией для успешного развития водохозяйственного комплекса России. Тем более, что на государственном уровне последние работы по определению количества озёр проводились ещё в 1960-е гг., в период существования СССР.

Наряду с количественными показателями, значительный интерес при водохозяйственном планировании представляет информация по характеристикам качества водного фонда естественных и искусственных водоёмов, позволяющим получить достоверную картину о потенциале хозяйственного использования водных ресурсов. В этой связи необходимо отметить, что если оценкам качества вод отдельных озёр и водохранилищ в научной литературе уделяется значительное внимание, то вопрос суммарной оценки качества водных ресурсов водоёмов, позволяющей охарактеризовать качество вод конкретных территорий, требует самостоятельного рассмотрения.

Актуальность настоящего исследования заключается в необходимости определения как количественных, так и качественных показателей современного состояния фонда естественных и искусственных водоёмов страны и анализа процессов, произошедших с озёрным фондом за период активного антропогенного влияния на озёрные экосистемы, позволяющего выявить основные тенденции его дальнейших изменений.

Теоретико-методологические основы исследования и степень изученности вопроса. Настоящая диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, посвящённую вопросам оценки фонда естественных и искусственных водоёмов Россий-

ской Федерации, включающую подробный анализ современного состояния водных ресурсов озёр и водохранилищ и исследование закономерностей их распределения по территории.

В основу проведённого исследования положен комплексный подход к оценке и анализу фонда естественных и искусственных водоёмов, учитывающий как его количественные, так и качественные характеристики. В методологию оценки заложена идеология, позволяющая в дальнейшем проводить сопоставление водных ресурсов озёр с возобновляемыми водными ресурсами страны с целью определения возможностей их совместного рационального использования и сохранения.

Анализ процессов, происходящих с фондом естественных и искусственных водоёмов, основывается на осмыслении явлений и тенденций, проявивших себя за период лимнологических наблюдений на озёрах и водохранилищах страны. Он опирается на изучение многоплановой научной литературы, посвящённой различным аспектам лимнологических исследований, и описывающей разнообразные процессы, происходящие в водных экосистемах.

В диссертации используются теоретические труды основоположников отечественной лимнологии Б.И. Дыбовского, В.А. Годлевского, Д.Н. Анучина, Л.С. Берга, Г.Ю. Верещагина, Л.Л. Россолимо, С.Д. Муравейского, А.В. Шнитникова, Б.Б. Богогловского, В.А. Сулина, С.И. Кузнецова, Г.Г. Винберга, О.А. Алёкина. Проработаны труды учёных, занимавшихся изучением возобновляемых водных ресурсов Б.Д. Зайкова, К.П. Воскресенского, А.А. Соколова, М.И. Львовича, И.А. Шикломанова, В.В. Вуглинского, В.И. Бабкина, Н.И. Коронкевича и оценками озёрного фонда страны В.М. Родевича, И.В. Молчанова, А.П. Доманицкого, С.В. Рянжина. Соискатель опирался также на теоретические работы С.П. Китаева, Ю.П. Пармузина, М.А. Грачёва, С.Л. Вендрова, А.Б. Авакяна, К.К. Эдельштейна, В.А. Румянцева, Н.Н. Филатова, Т.И. Моисеенко и мн. др.

Достоверность результатов исследования определяется тем, что они основаны на новых аналитических подходах, опираются на современный аппарат математической статистики и используют достоверные данные, включающие измеряемые лимнологические характеристики, а также данные, полученные с использованием геоинформационных систем и спутниковых снимков, позволяющие получить информацию по лимнологически слабоизученным и неизученным объектам. В работе применяются методы географического районирования, дистанционных наблюдений (использование и обработка аэрокосмической информации) и географического прогноза, а также математико-статистический, картографический, описательный, сравнительно-географический и исторический методы.

Информационная база исследования:

1. Данные по морфометрическим характеристикам озёр и водохранилищ, полученные Госкомгидрометом и включённые в Государственный водный кадастр и Государственный водный реестр;

2. Данные по морфометрическим характеристикам озёр и водохранилищ, собранные в авторскую Информационную базу данных «Озёра России»;
3. Информационная система «Google-Планета Земля», содержащая полное покрытие снимками всей территории России и аппарат для работы с ними;
4. Аэрокосмическая информация за конец XX – начало XXI века;
5. Картографический материал, включающий карты различных масштабов по регионам России, построенные в середине и второй половине XX века;
6. Данные Информационной базы по озёрам WORLDLAKE, собранной в ИНОЗ РАН;
7. Данные Государственного гидрологического института (ГГИ) по возобновляемым водным ресурсам, собранные в обобщающей монографии «Водные ресурсы России и их использование»;
8. Данные государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» за 2009-2018 годы, а также региональных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды»;
9. Официальные статистические данные по численности населения регионов РФ и величине валового регионального продукта;
10. Официальные данные (федеральные и региональные законы, концепции, целевые программы, стратегические проекты) по планам экономического развития регионов РФ.

Объектом исследования явились естественные и искусственные водоёмы России (озёра, водохранилища, пруды, обводнённые карьеры, малые водоёмы естественного происхождения, не превышающие 1 га).

Предмет исследования – количественные и качественные характеристики фонда естественных и искусственных водоёмов, характеризующие современное состояние водных ресурсов озёр и водохранилищ, их распределение, а также процессы, происходящие с водными экосистемами, определяющие структурные изменения озёрного фонда.

Цель исследования - Комплексная оценка водно-ресурсного потенциала Российской Федерации на основе единой методики, позволяющей получить данные о современном состоянии водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, включая их количественные и качественные характеристики; выявление общих закономерностей распределения озёрного фонда по территории и анализ его изменений под влиянием природных и антропогенных факторов.

Для достижения указанной цели в работе поставлены и решены следующие **задачи**:

1. Определение значения и роли водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов в общем балансе водных ресурсов;

2. Разработка единой методики оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, позволяющей на основе существующих аналитических подходов и современных данных определить водный потенциал всех регионов страны, различающихся по своим физико-географическим особенностям и степени лимнологической изученности;

3. Оценка количественных показателей фонда естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации, проведённая как с учётом административно-территориального деления страны с целью определения ресурсного потенциала её регионов, так и по озёрным регионам с целью выявления географических закономерностей распределения озёр;

4. Выявление закономерностей распределения озёр по территории и определение факторов, определяющих количественные показатели озёрного фонда страны.

5. Оценка удельной водообеспеченности Российской Федерации, выявление наиболее нуждающихся в воде регионов и оценка их озёрного фонда;

6. Обобщение данных по экологическому состоянию естественных и искусственных водоёмов, и оценка объёмов вод различного качества, содержащихся в озёрах и водохранилищах административно-территориальных образований Российской Федерации;

7. Анализ текущих изменений, происходящих с фондом естественных и искусственных водоёмов различных регионов страны, и, с учётом особенностей их социально-экономического развития, определение тенденций его дальнейших изменений.

Научная новизна. Создана теоретико-методологическая основа для оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, позволяющая в дальнейшем проводить сопоставление водных ресурсов озёр с возобновляемыми водными ресурсами, интегральной характеристикой которых является речной сток с его подземной составляющей.

Предложена единая методика, позволяющая оценить озёрный потенциал всех регионов страны, различающихся по своим физико-географическим особенностям и степени лимнологической изученности, и преодолевающая имеющую место несопоставимость отдельных региональных оценок озёрного фонда.

С целью определения водно-ресурсного потенциала страны и её административных образований оценены количественные и качественные показатели фонда естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации.

Оценены количественные показатели озёрного фонда по выделенным на основе генетического принципа озёрным регионам, позволившие провести анализ географических закономерностей распределения озёр по территории. Выявлены факторы, определяющие количественные показатели озёрного фонда. Обосновано, что распределение озёр, прежде всего, определяется геологическими факторами, коэффициент озёрности в значительно меньшей степени зависит от климатических характеристик региона, хотя последние оказывают существенное влияние на функционирование озёрных экосистем.

На основе проведённого обобщения по экологическому состоянию озёр и водохранилищ, расположенных в различных природно-географических условиях и испытывающих различную антропогенную нагрузку, впервые проведена оценка объёмов вод различного качества, содержащихся в водоёмах различных регионов страны. Обосновано, что благодаря сохранению высокого качества воды в наиболее крупных озёрах, Россия продолжает характеризоваться значительными стратегическими резервами чистых вод. В то же время качество воды значительной части её малых и средних водоёмов крайне низкое, а крупнейшие озёра продолжают испытывать проблемы, затрагивающие их прибрежные зоны, характер и скорость развития которых крайне опасны.

Проведён анализ изменений, происходивших с озёрным фондом страны на протяжении XX – начала XXI веков и основных причин, их обуславливающих. Показано, что в настоящее время наиболее неблагоприятное положение с озёрными экосистемами наблюдается в центральной и южной частях европейской части России (ЕЧР). Наряду с процессами активного антропогенного эвтрофирования и токсического загрязнения, здесь наблюдается постепенное сокращение фонда естественных водоёмов и их замена искусственными. С учётом особенностей социально-экономического развития регионов выявлены основные тенденции изменения озёрного фонда страны в ближайшей перспективе. Определено, что сокращение фонда естественных водоёмов при существующей структуре водопользования к середине XXI века в центральной части ЕЧР может составить около 10%, а в южной части – до 20%.

Теоретическая значимость исследования определяется созданием методики оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, опирающейся на использование современных геоинформационных систем и спутниковых снимков, что позволяет получать информацию по лимнологически слабоизученным и неизученным объектам. Обоснована необходимость отношения к озёрным водам как важнейшему ресурсу, характеризующемуся замедленным водообменом и потому более чувствительному к нарушениям естественного гидрологического цикла, вызываемым активной антропогенной деятельностью. Проведённая комплексная оценка озёрного фонда страны позволила выявить регионы, характеризующиеся наиболее стрессовым состоянием озёрных экосистем и проанализировать тенденции изменения как количественных, так и качественных характеристик озёрного фонда.

Практическая значимость. Проведённая автором комплексная оценка водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации позволяет получить современные данные о состоянии водных ресурсов страны, их распределении, а также происходящих с ними структурных изменениях, что является основой для определения возможностей их рационального использования.

Полученные в работе характеристики озёрного фонда и выявленные закономерности его распределения могут быть использованы широким кругом специалистов в области лим-

нологии, гидрологии, экологии, социальной и экономической географии. Результаты оценки фонда естественных и искусственных водоёмов страны представляют интерес для государственных органов, занимающихся водохозяйственным планированием. Они могут учитываться в практике принятия решений на различных уровнях управления.

Работы по оценке водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов проводились в рамках научно-исследовательских работ Института озероведения РАН и серии проектов по Программам Президиума Российской академии наук. В рамках Программ Президиума РАН они позволили более масштабно оценить водно-ресурсный потенциал страны, который не ограничивается возобновляемыми водными ресурсами.

Публикации и апробация результатов исследования. По теме диссертации было опубликовано более 50 работ в российских изданиях общим объёмом >220 п.л., в том числе 16 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК, из которых 6 – в изданиях, учитываемых в базах SCOPUS и Web of sciences. Также по рассматриваемой теме было опубликовано 4 работы в международных изданиях (не имеющих аналогов на русском языке), часть из которых в изданиях, учитываемых в базе SCOPUS. Материалы работы были использованы при подготовке серии научных монографий по озёрам (на настоящий момент включающей 4 монографии), общим объёмом ~179 п.л. Три монографии подготовлены научным коллективом, который наряду с диссертантом также включал акад. РАН, д.г.н. Румянцев В.А. и д.б.н., г.н.с. РАН Драбкову В.Г. Одна монография полностью подготовлена автором диссертации.

На основе материалов, вошедших в собранную диссертантом базу данных по озёрам, было подготовлено 460 статей, вошедших в энциклопедическое издание «Реки и озёра мира» (2012), «Encyclopedia of Lakes and Reservoirs» (2012) издательства Springer и научную электронную энциклопедию «Вода России». Часть материалов представлена в созданной на сайте Института озероведения РАН информационной системе «Озёра России».

Результаты исследования по теме диссертации были доложены и обсуждались на международных и всероссийских научных конференциях и совещаниях:

Международных: Конференции по мировым озёрам (13-th, 15-th, 17-th World Lakes Conference): «Rehabilitate the Lake Ecosystem: Global Challenges and the Chinese Innovations», Wuhan (China), 2009, «Lakes, the mirrors of the earth: Balancing ecosystem integrity and human wellbeing», Perugia (Italy), 2014, «Harmonious Coexistence of Humans and Lakes - Toward Sustainable Ecosystem Services», Lake Kasumigaura, Ibaraki (Japan), 2018; IV и V Научные Конференции «Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды»: Минск – Нарочь (Беларусь), 2011 и 2016 гг.; Выездные сессии Объединённого научного совета по фундаментальным географическим проблемам при Международной ассоциации академий наук (МАН) и Научного совета по фундаментальным географическим проблемам РАН: «Информатизация географических исследований и простран-

ственное моделирование природных и социально-экономических систем», Алушта (Украина), 2012, «Географические проблемы региона Каспийского моря и изучение путей достижения устойчивого развития территорий», Баку (Азербайджан), 2014, «Запад и Восток: пространственное развитие природных и социальных систем», Улан-Удэ, 2016, «Эколого-географические проблемы перехода к зелёной экономике в странах и регионах СНГ», Гродно (Беларусь), 2019; Симпозиумы по Большим Озёрам (3-rd, 5-rd European Large Lakes Symposi-ums: ELLS-2012, University of Konstanz (Germany), 2012, «Big Lakes - Small World», Evian (France), 2018; LXVII, LXVIII, LXIX, LXX, LXXI Герценовские чтения, Санкт-Петербург, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018; Конференция «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов», Пермь, 2015; I и II Международные конференции «Озёра Евразии: проблемы и пути их решения», Петрозаводск, 2017 и Казань, 2019.

Всероссийских: VI и VII Всероссийский Гидрологический Съезд, Санкт-Петербург, 2004 и 2013; «Теория и практика восстановления внутренних водоёмов», Санкт-Петербург, 2007; «Нерешённые проблемы глобальной климатологии» Санкт-Петербург, 2010; «Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике», Цимлянск, 2012; «Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.», Петрозаводск, 2015; «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов», Москва, 2015; Всероссийская конференция по крупным внутренним водоёмам (V Ладожский симпозиум), Санкт-Петербург, 2016; «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии». Барнаул, 2017; «Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения», Сочи 2017.

Значительная часть результатов, полученных автором диссертации была включена в ежегодные отчёты ИНОЗ РАН по темам плана НИР ИНОЗ РАН (Тема № 12 НИР «Выявление географических закономерностей в формировании озёрных экосистем с использованием возможностей информационных систем» (2009-2012 гг.), руководители д.б.н. Драбкова В.Г., к.г.н. Измайлова А.В. и Тема №2 НИР «Закономерности распределения озёрных ресурсов Российской Федерации» (2013-2018 гг.), руководители акад. Румянцев В.А., д.б.н. Драбкова В.Г., к.г.н. Измайлова А.В.), а также по темам Программ Президиума РАН № 31 «Роль пространства в модернизации России: природный и социально-экономический потенциал» (2012-2014), № 13 «Пространственное развитие России в XXI веке: природа, общество и их взаимодействие» (2015-2017) и № 53 «Пространственная реструктуризация России с учётом геополитических, социально-экономических и геоэкологических вызовов» (с 2018 года) (со-руководители по всем трём темам – акад. Румянцев В.А., к.г.н. Измайлова А.В.).

Личный вклад автора. Вопросами оценок возобновляемых водных ресурсов суши диссертант занимался на протяжении 15 лет работы в Государственном гидрологическом институте (1987-2001). За это время под руководством ведущих специалистов ГГИ она участвовала в оценке возобновляемых водных ресурсов как российских (Сибирь, Дальний Восток,

Центральный и Приволжский регион), так и зарубежных территорий (Северная Америка), в том числе в рамках подготовки монографии «World Water Resources at the Beginning of the XXI Century» (2003). Оценке водных ресурсов, водопотребления и водообеспеченности Североамериканского континента была посвящена её кандидатская диссертация. В дальнейшем, уже в период работы в ИНОЗ РАН (с 2001 г. по настоящее время), полученные знания были применены при разработке методологии оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов. Оценке предшествовала предварительная работа по составлению ИС по озёрам страны.

Автором сформулированы цели и задачи исследования, разработана методика, произведён сбор необходимой информации, осуществлены подготовка и дешифрирование результатов спутниковой съёмки, обработка (в том числе с использованием статистических методов) и анализ полученных результатов, определены и обоснованы выводы проведённого исследования.

Значительная часть статей, опубликованных по теме диссертации, принадлежит исключительно автору диссертации, ряд статей выполнен в соавторстве с акад. РАН, д.г.н. Румянцевым и д.б.н. Драбковой. Этот же коллектив является и авторами трёх из четырёх указанных ранее монографий по озёрам страны. В представленную работу были включены только те результаты, которые были получены при непосредственном участии автора диссертации и только те научные обобщения, которые в ходе совместной работы были выполнены им самим. Содержание диссертации в значительной степени опирается на содержание четвёртой монографией по озёрам, авторство которой полностью принадлежит диссертанту.

Структура работы. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и 2 приложений. Объём основного текста диссертации, включая 11 таблиц и 92 рисунка, составляет 247 страниц (с учётом списков сокращений и литературы – 278 страниц). Список источников насчитывает 407 наименований, в том числе 32 – на иностранных языках.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ:

1. Методика оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, опирающаяся на использование спутниковой информации, позволяет существенно уточнить оценки озёрного фонда.

Водные ресурсы Земли включают все воды гидросферы, находящихся в водных объектах, которые уже используются или могут быть использованы. Наиболее востребованным среди них являются пресные водные ресурсы и, прежде всего, наиболее доступные из них – поверхностные воды суши, находящиеся в жидком агрегатном состоянии. Для региональной характеристики водных ресурсов используют два понятия: статические (или вековые) запасы пресной воды и возобновляемые водные ресурсы. Исторически сложилось, что в большин-

стве стран мира, прежде всего, оцениваются величины возобновляемых водных ресурсов (речного стока и его подземной составляющей), в то же время оценке вод естественных и искусственных водоёмов, отнесённых к статическим запасам, уделяется значительно меньшее внимание. Между тем в Российской Федерации, обладающей огромным количеством озёр и водохранилищ, в том числе со значительными водозапасами, доля содержащихся в них вод в суммарных водных ресурсах очень велика. Создание водохранилищ изначально связано с обеспечением водой населения и экономики. По мере интенсификации хозяйственной деятельности, увеличиваются и объёмы использования озёрных вод. К настоящему времени озёрные воды занимают важное место в водообеспечении целого ряда территорий, от северных регионов, где они подчас являются основным источником питьевого водоснабжения, до аридных областей, где они изымаются на сельскохозяйственные и промышленные нужды. В силу своей замедленной возобновляемости озёрные воды оказываются более чувствительными к нарушениям естественного гидрологического цикла, вызываемым активной антропогенной деятельностью, и их чрезмерная эксплуатация быстро сказывается как на их качестве, так и на объёмах. Широкое использование, и, в то же время, замедленная возобновляемость озёрных вод, требуют к ним отношения как к расходуемому ресурсу, количественные и качественные характеристики которого нуждаются в постоянном уточнении.

Важнейшими количественными показателями фонда естественных и искусственных водоёмов являются их *общее количество* в пределах территории, *площади водной поверхности* (или *озёрность* как её удельный показатель), и *суммарные водные ресурсы*. Наряду с площадью всех водоёмов, расположенных в пределах региона, представляется необходимым выделять *суммарную площадь водной поверхности водоёмов естественного происхождения* и, соответственно, с её учётом определять *природную (естественную) озёрность*. В свою очередь, при расчёте *водных ресурсов* необходимо выделять *водные ресурсы водоёмов естественного происхождения*.

Российская Федерация, в силу огромных размеров, характеризуется достаточно слабой лимнологической изученностью, в связи с чем современная оценка фонда её естественных и искусственных водоёмов должна в значительной степени опираться на дистанционные методы исследования. Поэтому в основу методики оценки водных ресурсов была положена детальная оценка площадей водной поверхности конкретных водоёмов, снятых с современных спутниковых снимков. Расчёты проводились на уровне озёрных регионов (с целью оценки географической детерминированности неравномерности распределения озёрного фонда) и субъектов Федерации (для оценки фонда естественных и искусственных водоёмов административных образований) с дальнейшим суммированием полученных величин при переходе на уровень Федеральных округов и страны в целом. На следующем этапе, на основе полученных площадей конкретных водоёмов, расположенных внутри определённого региона,

суммарных площадей водной поверхности и данных по глубинам водоёмов, происходил переход от площадных к объёмным характеристикам водного фонда.

Вся проведённая работа по оценке площадей водной поверхности была основана на визуально-инструментальном дешифрировании водных объектов. Это, в свою очередь, дало возможность вычленив большую часть водоёмов искусственного происхождения, и прежде всего те из них, которые имеют чёткие границы на линии подпора, и определить значительную часть водоёмов с высокой минерализацией, отличающихся по своим цветовым характеристикам. Кроме того, это позволило получить при дешифрировании полное представление о специфике распространения озёр и водохранилищ по территории страны.

Методика определения суммарных площадей поверхности водоёмов включала в себя полный учёт всех водных объектов, площади которых превышали 1 км^2 (или $0.2 (0.5) \text{ км}^2$ – в случае низкой озёрности конкретного региона и значительном вкладе малых водоёмов в общую величину его водных ресурсов), тогда как морфометрия водоёмов меньшей площади из-за их огромной численности оценивалась с помощью метода, получившего условное название “метода выборочных квадратов”. Суть метода в том, что характеристики, полученные при детальной оценке площади водной поверхности в “выборочных квадратах” принимаются в качестве репрезентативных аналогов и переносятся на остальную часть исследуемой территории. При этом принимается гипотеза о нормальном распределении характеристик малых водоёмов по территории. Число и размеры выборочных квадратов определялись в зависимости от площади региона (субъекта федерации), а квадраты строились в шахматном порядке и покрывали $\sim 1/8$ этой площади.

Определение площади водной поверхности конкретного региона (A) происходило за счёт суммирования площадей зеркал всех крупнейших морфометрически изученных водоёмов, характеристики, которых известны и рассчитаны с высокой точностью ($A_{ми}$), площадей зеркал всех водоёмов среднего и малого размера, по которым с использованием космических снимков были получены индивидуальные характеристики площадей ($A_{он}$) и суммарных площадей малых водоёмов ($A_{мл}$), попадающих в выборочные квадраты, умноженных на показатель (K), характеризующий отношение площади оцениваемого региона к суммарной площади выборочных квадратов:

$$A = A_{ми} + A_{он} + K * A_{мл}, \quad (1)$$

При оценке водных ресурсов озёр конкретной территории происходило последовательное суммирование объёмов морфометрически изученных водоёмов со слабо- или неизученными:

$$V = V_{ми} + V_{вч} + V_{мл}, \quad (2)$$

где $V_{ми}$ – суммарный объём морфометрически изученных водоёмов; $V_{вч}$ – объём средних и малых водоёмов, по которым площади были определены по космическим снимкам, но дан-

ные по глубинам отсутствовали; $V_{мл}$ – объём вод, содержащихся в малых водоёмах, расчёт суммарной площади водной поверхности которых производился методом «выборочных квадратов».

При определении $V_{вч}$ все водоёмы разбивались на группы, для каждой из которых с учётом построенных региональных зависимостей, характеризующих связи между различными морфометрическими параметрами озёрных котловин, вычислялись значения глубины. При этом наряду с категорией крупности водоёмов учитывалась степень однородности территории, её орографические особенности и происхождение озёрных котловин. На рисунке 1 приведён пример построения таких зависимостей. Если определить зависимости не удавалось, то на основе ограниченного объёма данных по глубинам морфометрически изученных водоёмов определялись осреднённые значения глубины для каждой группы озёр, выделенной согласно характеристикам их крупности.

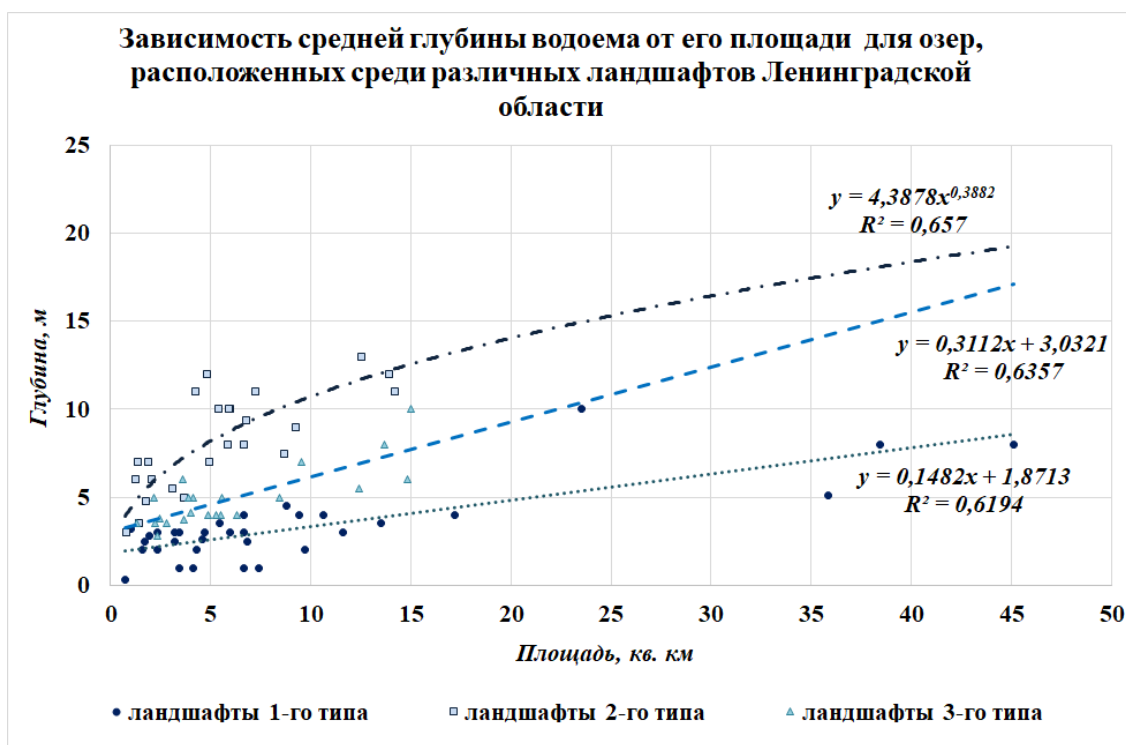


Рисунок 1. Зависимости глубины водоёма от его площади, построенные для озёр, расположенных в Ленинградской области: 1 – ледниково-озёрные равнины последнего оледенения, 2 – равнины с преобладанием экзарационных форм рельефа; 3 – моренные и водно-ледниковые (зандровые) равнины последнего оледенения

Для водоёмов, расчёт суммарной площади водной поверхности которых производился методом «выборочных квадратов», $V_{мл}$ определялось как произведение суммарной площади водной поверхности всех малых водоёмов ($A_{мл}$) территории на осреднённую глубину ($h_{оср}$). Значение осреднённой глубины вычислялось, как

$$h_{оср} = B \cdot h_{мал} , \quad (3)$$

где $h_{мал}$ – средняя глубина озёр наименьшего размера, по которым присутствуют индивидуальные морфометрические характеристики; B – коэффициент, учитывающий снижение сред-

ней глубины с уменьшением площади водоёма. Так как большинство крупных водоёмов РФ являются морфометрически изученными, и именно они приносят основной вклад в суммарную величину водных ресурсов, использование осреднённых глубин для части средних и малых водоёмов допустимо и ведёт лишь к небольшой погрешности в итоговой величине водных ресурсов.

Проведённая новая оценка фонда естественных и искусственных водоёмов РФ дала возможность уточнить данные кадастровой оценки, выполненной ещё в 1960-е годы для всего СССР (таблица 1). Учёт общего числа водных объектов показал, что собственно озёрами, то есть водоёмами с площадью более 1 га, может называться лишь 1.37 млн. водных объектов. В то же время общее количество дешифрируемых по снимкам водоёмов превышает число, определённое по картографическим материалам 1960-х гг.

Таблица 1 Сопоставление оценок озёрного фонда РФ.

Оценка	Кол-во водоёмов всего, млн.	Кол-во озёр, млн.	Суммарная площадь водной поверхности, тыс. км ²	Суммарная площадь зеркал озёр, тыс. км ²	Суммарный объём вод (в естеств. и иск. водоёмах), км ³	Объём только озёрных вод, км ³	Объём озёрных вод без оз. Байкал, км ³
Данные кадастровой оценки Госкомгидромета, проведённой в 1960-х годах	2.7	н/о	409	н/о	н/о	н/о	н/о
Данные, приводимые в Национальном Атласе России, 2004	н/о	2.7	н/о	н/о	н/о	26 500 – 26 700 (26 600)	н/о
Данные, полученные С.В. Рянжиным в середине 2000-х годов	н/о	1.58	н/о	264	н/о	24 996	2001
Данные автора диссертации	3.9	1.37	400	335	26 800	25 910	2295

н/о - - не определялся

Полученные в рамках оценки суммарные площади водной поверхности оказались близки к оценкам, проведённым ранее Госкомгидрометом на основе крупномасштабных карт. В то же время они существенно выше результатов, полученных ранее С.В. Рянжиным с использованием статистических методов. Величины суммарных водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, рассчитанные по предложенной автором методике, превосходят оценки, полученные с использованием статистических зависимостей. Представляется, что оценка, основанная на детальном определении площадей водной поверхности и учёте всех дешифрируемых водоёмов, будет характеризоваться большей точностью, нежели статистические оценки, проводимые с учётом лишь ограниченного количества водных объектов.

2. Получены современные данные о состоянии фонда естественных и искусственных водоёмов страны и его распределении, являющиеся основой для определения возможностей рационального использования и сохранения водных ресурсов.

Согласно проведённой оценке, в пределах Российской Федерации дешифрируется чуть менее 3.8 млн. водоёмов естественного происхождения (в том числе ~1.37 млн. площадью более 1 га) и ~100 тыс. искусственного. В пределах ЕЧР дешифрируется более 700 тыс. водоёмов, а азиатской части России (АЧР) – более 3.15 млн. Около 3.65 млн. водоёмов РФ (~95% от общего числа) не превосходят по площади 0.2 км², около 180 тыс. имеют площадь зеркала от 0.2 до 10 км², более 1.5 тыс. – от 10 до 100 км², и 153 превышают по площади 100 км².

Площадь водной поверхности всех естественных водоёмов РФ составляет ~335 тыс. км², включая озёра с солёной водой (~20 тыс. км²), а искусственных ~65 тыс. км². Суммарная площадь водной поверхности достигает, таким образом ~400 тыс. км², в том числе ~125 тыс. км² – в пределах ЕЧР и ~275 тыс. км² – в пределах АЧР. Средняя озёрность европейской части страны ~3.1% (естественная озёрность ~2.1%), азиатской ~2.1 (естественная ~1.9%).

Водные ресурсы водоёмов естественного происхождения, расположенных в пределах Российской Федерации, составляют ~ 25 910 км³ воды, из которых более 55 км³ характеризуются повышенной минерализацией. Объём пресных озёрных вод ~25 855 км³. На долю крупнейших озёр приходится более 97 % общего объёма озёрных вод, в том числе только на оз. Байкал (23 615 км³) – около 91 %. В искусственных водоёмах РФ запас вод составляет ~890 км³. Таким образом, суммарный объём вод, заключённых в естественные и искусственные водоёмы, составляет чуть менее 26 800 км³, в том числе пресных ~26 745 км³.

В связи с тем, что основная масса озёрной воды России сконцентрирована в едином водоёме – оз. Байкал, водные ресурсы водоёмов естественного и искусственного происхождения АЧР более чем в 15 раз превосходят водные ресурсы водоёмов ЕЧР. По запасу вод, содержащихся в естественных водоёмах, азиатская часть страны превосходит европейскую почти в 18 раз, в то же время за вычетом байкальских вод – уступает ей почти в 1.5 раза. По суммарному запасу вод, заключённых в искусственные водоёмы, азиатская часть страны превосходит европейскую более чем в 2.5 раза. При этом объём вод, заключённых в искусственные водоёмы АЧР лишь в 1.6 раза уступает объёму всех озёрных вод российской Азии за вычетом оз. Байкал. На рисунках 2 и 3 представлены итоговые результаты оценки фонда естественных и искусственных водоёмов европейской и азиатской частей России.

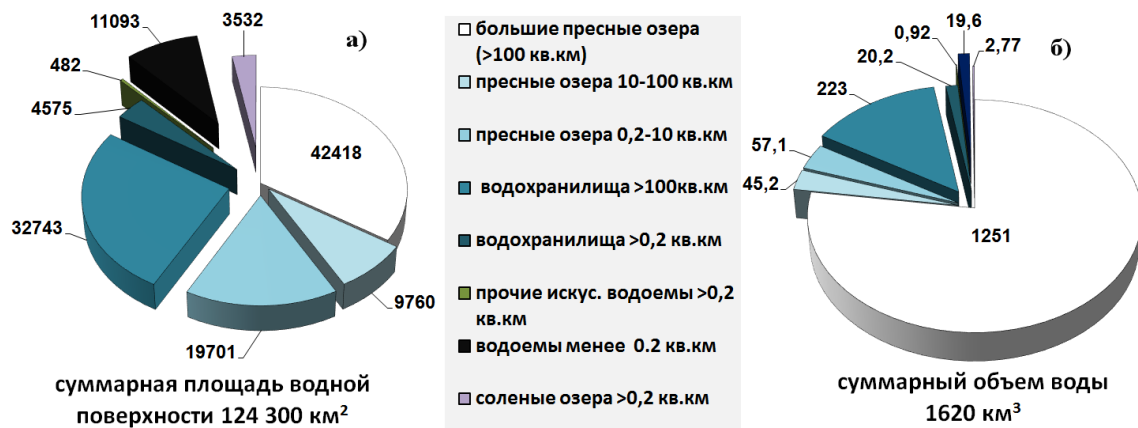


Рисунок 2. Распределение водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов ЕЧР в зависимости от размера котловин: а) площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

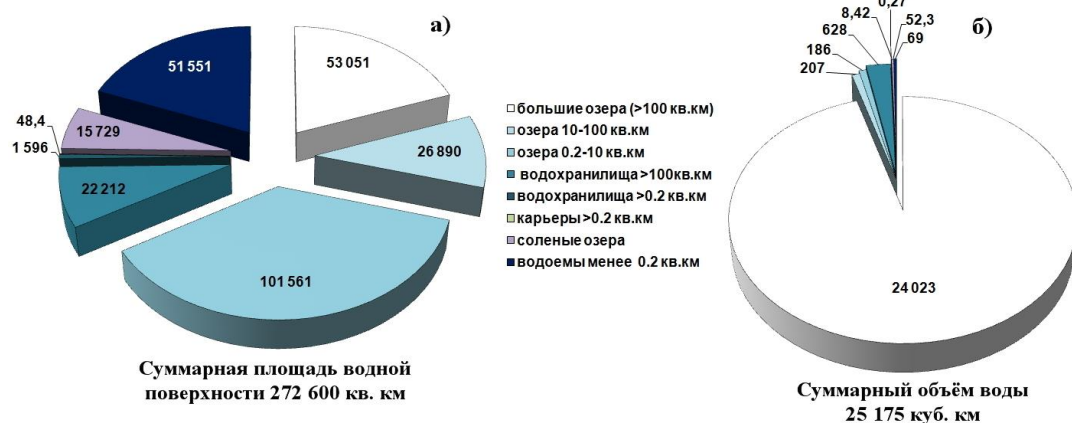


Рисунок 3. Распределение водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов АЧР в зависимости от размера котловин: а) площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

Несмотря на огромные объёмы вод естественных и искусственных водоёмов для Российской Федерации характерна значительная пространственная неоднородность распределения водных ресурсов, хорошо проявляющаяся уже на уровне федеральных округов. Благодаря огромным запасам воды в оз. Байкал, в старых границах Федеральных округов наибольшими водными ресурсами естественных и искусственных водоёмов отличался Сибирский федеральный округ (СФО), на долю которого приходилось ~92 % от их суммарной величины. После переноса Республики Бурятии, в пределах которой лежит значительная часть котловины оз. Байкал, и Читинской области в состав Дальневосточного федерального округа (ДВФО) именно он теперь отличается наибольшими водными ресурсами водоёмов (~60% от их суммарной величины). Значительными ресурсами вод (5.2%) обладает и Северо-Западный федеральный округ (СЗФО). В то же время большинство федеральных округов центра и юга ЕЧР, характеризующихся наибольшей плотностью населения, имеют небольшие ресурсы вод, сосредоточенные преимущественно в искусственных водоёмах.

С целью выявления географических закономерностей распределения озёр РФ оценка озёрного фонда проводилась не только по субъектам федерации, но и по природно-географическим (озёрным) регионам. Было проведено районирование страны, в основу кото-

рого был положен генетический принцип примерного одновозрастного происхождения большинства озёрных котловин в пределах определённой территории. На основе генетического принципа в пределах РФ было выделено 25 озёрных регионов – 11 на территории ЕЧР и 14 на территории АЧР. Результаты оценки озёрного фонда, выполненной по выделенным озёрным регионам России даны в таблице 2.

Анализ озёрного фонда России, проведённый по выделенным озёрным регионам, позволил прийти к следующим выводам:

- Несмотря на значительные запасы озёрных вод и огромное число водоёмов, средняя озёрность России составляет ~2.3% или, без учёта искусственных водоёмов, ~1.9%, то есть немногим превышает среднюю по планете Земля ~1.4%.
- Распределение озёр по территории страны крайне неравномерно, огромное их количество находится в её равнинной части, тогда как основные объёмы воды содержатся в озёрах горных территорий российской Азии, а также озёрах, расположенных в пределах Балтийского кристаллического щита.
- На равнинные и слабо возвышенные территории приходится более 2/3 площади Российской Федерации, в их пределах насчитывается 94% от общего числа водоёмов, при этом здесь находится лишь ~6.9% от всех запасов вод, содержащихся в естественных водоёмах России, из которых 3.6% сконцентрировано в озёрах Балтийского кристаллического щита (с учётом лишь части объёмов Ладожского и Онежского озёр, расположенных на стыке щита и Русской платформы). С учётом крупнейших водохранилищ, в которых содержится более 830 км³ воды, доля равнинных территорий в суммарных водных ресурсах естественных и искусственных водоёмов РФ составляет 9.8%.
- Большим запасом вод характеризуются горные территории РФ, где расположена значительная часть наиболее глубоких и вместительных озёрных котловин. В озёрах и водохранилищах горных регионов содержится более 90% вод России, однако количество водоёмов составляет здесь лишь 5.6% от общего по стране, а площадь водной поверхности – 13% от суммарной площади всех водоёмов России.

Наряду с расчётом водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов с учётом административного деления страны (по федеральным округам России и входящим в них субъектам Федерации) и по выделенным на основе генетического принципа озёрным регионам, по аналогии с работами по оценке возобновляемых водных ресурсов, проведёнными Государственным гидрологическим институтом, оценка водных ресурсов проводилась также по бассейнам океанов, омывающих берега Российской Федерации (таблица 3).

Таблица 2. Количество водоёмов и суммарные объёмы вод по озёрным регионам, выделенным в пределах РФ.

Номер региона	Площадь, тыс. км ²	Общее кол-во водоёмов	Кол-во естественных водоёмов	Водоёмы площадью 10-100 км ²	Водоёмы площадью >100 км ²	Площадь водной поверхности, км ²	Площадь поверхности естественных водоёмов, км ²	Объём всех вод, км ³	Объём только озёрных вод, км ³
1	145	117000	116900	78	8	10860	10100	62.7	56
2	182	75000	74500	166	23	36400	34400	913	905
3	350	33000	29500	90	11	24600	20900	391	375
4	416	250000	250000	35	1	10770	10770	20.3	20.3
5	602	51000	49500	4	0	1690	1650	4,85	4.8
6	405	25000	13000	19	5	7335	790	33.9	2.05
7	400	32000	11500	9	1	2417	237	10.5	0.44
8	337	32000	20000	7	7	12275	300	84.9	0.94
9	830	50000	25500	87	14	16440	4800	88.2	4.58
10	230	25000	22500	12	2	990	320	4.34	0.84
11	92	3500	2500	11	1	870	300	7.52	0.52
12	2350	2018000	2018000	630	34	127500	127500	255	255
13	700	170000	170000	88	12	15380	15370	48.0	48.0
14	2450	100200	100000	49	10	27150	10350	518	23
15	1100	600100	600000	232	3	28470	28240	43.2	42.6
16	650	35000	30000	115	10	14500	12900	30.5	20.4
17	400	35200	35000	25	11	9780	6480	111	22.3
18	200	7500	7000	47	1	2050	1600	10.7	7.0
19	420	20100	20000	29	1	3010	2240	80.4	59.4
20	1800	40200	40000	31	7	35860	35670	23651	23648
21	2200	65000	65000	19	2	1950	1500	46.1	31.5
22	190	400	400	0	0	15	15	0.17	0.17
23	250	40000	40000	34	9	4950	4950	344	344
24	130	10000	10000	3	2	340	340	2.8	2.8
25	300	5000	5000	8	1	1556	1550	32.4	32.4

Таблица 3. Распределение ресурсов вод естественных и искусственных водоёмов РФ по бассейнам океанов.

Бассейн океана	Площади водной поверхности, км ²		Суммарный объём вод, км ³	
	озёр (включая солёные)	естественных и искусственных водоёмов	озёр (включая солёные)	естественных и искусственных водоёмов
Северного Ледовитого	261 800	284 100	24 590	25 150
Тихого	23 000	26 300	109	199
Атлантического	42 800	49 500	1 198	1 235
Область внутреннего стока, бассейн Каспийского моря	8 180	37 500	16.5	214

Наибольшие запасы озёрных вод РФ сосредоточены в российской части бассейна Северного Ледовитого океана, в её пределах дешифрируется ~3 450 000 водоёмов или ~90% от всех водоёмов РФ. Значительным запасом вод характеризуется российская часть бассейна Атлантического океана, объём озёрных вод российской части бассейна Тихого океана лишь немногим превосходит объём вод, содержащихся в её водохранилищах. Наименьшие запасы озёрной воды характерны для замкнутого бассейна Каспийского моря, что отчасти компенсируется значительными объёмами воды в искусственных резервуарах. В то же время необходимо отметить, что именно в бассейне Каспийского моря проживает около половины населения России и сконцентрирована большая часть её промышленного производства.

Подводя итог, необходимо отметить, что в рамках рассматриваемой работы на основе авторской методики была проведена комплексная оценка водного фонда естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации (по субъектам Федерации, озёрным регионам и океаническим склонам). Набор полученных данных по озёрному фонду позволяет сопоставлять их с данными по возобновляемым водным ресурсам.

3. Распределение озёр по территории страны прежде всего определяется геологическими факторами, историей геологического развития региона и в меньшей степени зависит от его климатических характеристик.

Для оценки пространственного распределения озёр по территории страны удобной характеристикой является *озёрность*, представляющая отношение суммы водной поверхности всех озёр, прудов и водохранилищ к площади суши данного бассейна, области или другого географического региона, выраженное в процентах. Наряду с общей озёрностью выделялась *«природная (естественная) озёрность»*, то есть отношение к площади региона суммарной водной поверхности лишь водоёмов естественного происхождения. С географической точки зрения коэффициент естественной озёрности является показателем возможности образования и дальнейшего существования водоёмов в данных физико-географических условиях.

В отличие от суммарной водной поверхности, озёрность является удельной величиной, что позволяет картографировать её и проводить анализ пространственных изменений. В рамках работ по оценке озёрного фонда страны на основе данных, полученных при определении площадей водной поверхности в каждом из «выборочных квадратов», был произведён пересчёт озёрности в узлах сетки, равномерно покрывающей всю территорию Российской Федерации, позволивший построить карты озёрности. На рисунке 4 представлена карта естественной озёрности РФ.

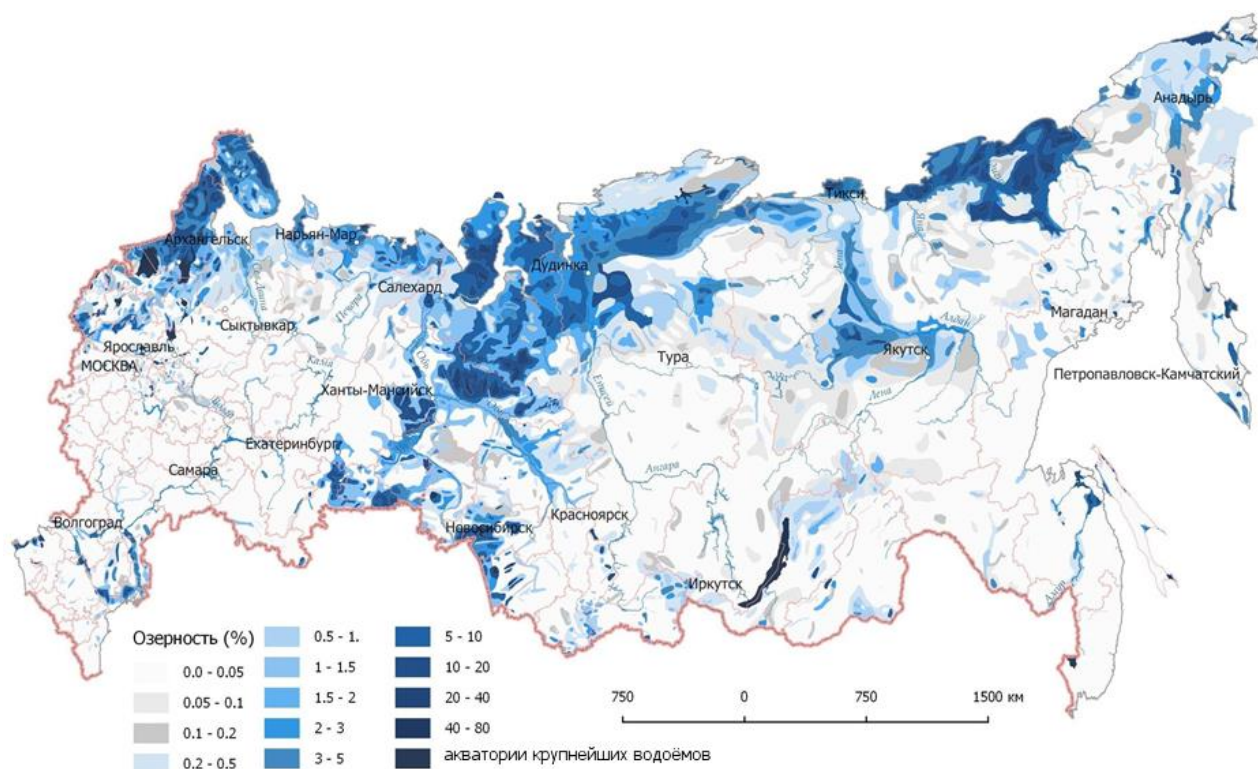


Рисунок 4. Карта естественной озёрности Российской Федерации.

Анализ значений озёрности свидетельствуют, что несмотря на то, что большая часть водоёмов РФ сосредоточена в пределах арктической и субарктической зон, говорить о присутствии зависимости озёрности территории от континентальности климата или от широты местности нельзя. Даже беглый взгляд на карту говорит о том, что значения озёрности в большей степени обуславливаются геологическими факторами, нежели климатическими. При этом определяющей является история геологического развития территории. Чётко видно, что повышенная озёрность, прежде всего, наблюдается в регионах, относительно недавно (по геологическим меркам) освободившихся от ледникового покрова или морских вод. При этом внутри этих регионов изменения озёрности обуславливаются уже различиями скульптурных форм рельефа.

В пределах Восточно-Европейской равнины, большая часть которой расположена в зоне умеренно-континентального климата, наименьшие значения озёрности наблюдаются в

её центральной части и для большинства субъектов Федерации в среднем не превышают 0.1%. С продвижением на юг и переходом в зону недостаточного увлажнения естественная озёрность повышается, в среднем по Южному ФО её значения составляют 0.94%. В то же время, если рассматривать северо-запад ЕЧР, чётко прослеживается зависимость озёрности от подстилающих пород, происходит резкое снижение коэффициента озёрности при переходе от Балтийского кристаллического щита к Русской плите. Озёрность Республики Карелия, практически полностью расположенной на щите, самая высокая среди всех субъектов РФ и без учёта площади водохранилищ составляет в среднем 18.9%, ей немногим уступает Ленинградская область (11.9% с учётом части акватории Ладожского озера на которую приходится чуть менее 10% площади области). Если анализировать озёрность уже внутри Ленинградской области, то озёрность Карельского перешейка (южная часть Кольско-Карельского геоблока Балтийского щита) без учёта акватории Ладоги составляет ~9%, как только происходит погружение щита под Русскую платформу, озёрность снижается и составляет в среднем на северо-западе от Петербурга – 1.5%, в юго-западной части Ленинградской области – 2% и на востоке – 2.2%.

Суммируя площади водной поверхности по всем областям, расположенным на северо-западе Русской плиты в пределах области распространения валдайского оледенения, получаем, что естественная озёрность составляет здесь ~6.0% или менее 2%, если не учитывать площади крупнейших водоёмов. Следующее резкое падение озёрности происходит за границами валдайского оледенения. Естественная озёрность территорий значительного распространения ледниковых форм рельефа, оставшихся в наследие московского оледенения, составляет лишь ~0.2%. А уже за границами московского оледенения её значения сразу падают до сотых долей процента. Естественная озёрность территорий деградации ледниковых форм рельефа, оставшихся в наследие днепровского оледенения, составляет ~0.06%, а средней части Волжского бассейна за пределами распространения ледниковых форм рельефа ~0.09%.

Повышенной озёрностью отличается Западно-Сибирская равнина, характеризующаяся континентальным климатом. Средний коэффициент естественной озёрности Тюменской области (включая автономные округа) составляет 4.4%, с продвижением на юг величина озёрности снижается, однако остаётся близкой к средней по стране (~2%). В то же время значения естественной озёрности понижаются при подходе к Уралу (до десятых долей процента) и Алтай-Саянской горной страны (до сотых долей процента). Пониженный коэффициент озёрности (десятые доли процента) наблюдается на большей части Дальнего Востока, в том числе в регионах распространения муссонного климата, характеризующихся высокими значениями увлажнённости (разницы между осадками и испарением).

Наряду с картами, на основе полученных величин озёрности в узлах сетки были построены графики распределения средних значений озёрности по широте как для всей Российской Федерации, так и для выделенных в её пределах зон через каждые 15 градусов долготы (рисунок 5). Анализ диаграмм также подтверждает вывод о том, что распределение озёрности в большей степени обуславливаются геологическими факторами, нежели климатическими. Практически по всем зонам, выделенным с шагом в 15 градусов долготы, наблюдаются высокие значения озёрности в высоких широтах, затем её резкое снижение и вновь некоторое увеличение в южных широтах. В то же время, средние температуры воздуха по направлению север-юг с ростом солнечной радиации увеличиваются, а увлажнённость почти по всей территории, за исключением зон 130-145° и более 160° в.д., снижается.

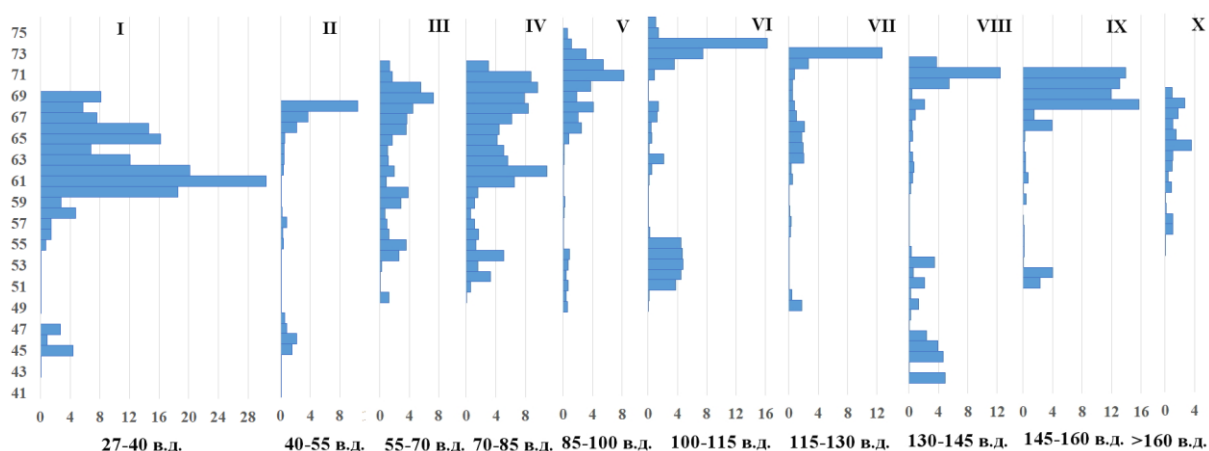


Рисунок 5. Средняя естественная озёрность, рассчитанная по трапециям (1° широты на 15° долготы).

Для I зоны (западнее 40° в.д.), значительная часть которой находилась под покровом последних четвертичных оледенений, характерны наиболее высокие значения озёрности (среднее по зоне ~4.8). Максимум озёрности приходится на 61° с.ш., где расположены части акваторий Ладожского и Онежского озёр. Озёрность резко падает при переходе к Русской платформе (между 59 и 60° с.ш.), следующее резкое снижение происходит за границами распространения валдайского оледенения (доходившего до 56° с.ш.), и, наконец, за границами распространения московского оледенения (доходившего до 55° с.ш.) значения озёрности падают до сотых долей процента. Рост озёрности происходит ниже 47° с.ш., прежде всего за счёт береговых лагун и лиманов Азовского и Чёрного морей.

Вся II зона (40-55° в.д.), несмотря на тот факт, что большая её часть находится в области распространения умеренного континентального климата, характеризуется самой низкой в стране средней по зоне озёрностью (~0.45). Максимум озёрности наблюдается на побережье Баренцева моря (~10% на широте 68° с.ш.), начиная с 65° с.ш. значения озёрности падают ниже 1%, повышаясь только на юге. На широте 46°, в области распространения резко

континентального климата, благодаря старицам, култукам и ильменям Волжской поймы и реликтовым водоёмам, сохранившимся по бывшему руслу Пра-Волги, они достигают 2.2%, то есть превышают среднее значение по стране.

Часть III (55-70° в.д.) и большая часть IV зоны (70-85° в.д.) находятся в области распространения континентального климата, однако средние по зоне значения их озёрности (~2.1 и ~4.0%) выше, чем в большинстве зон. Наряду с высокими значениями озёрности в прибрежной зоне Карского моря, характерны её повышенные значения на большей части Западной Сибири – до 60° с.ш. и уже в зоне недостаточного увлажнения – между 54 и 52° с.ш.

Большая часть V зоны (85-100° в.д.) также находится в области распространения континентального климата. Среднее по зоне значение озёрности (~0.8%) существенно ниже среднего по стране. Максимум озёрности приходится на Северо-Сибирскую низменность (широта 71-72°, озёрность ~7%), на широтах 66-70° расположено плато Путорана с его глубочайшими озёрами.

VI (100-115° в.д.) и VII (115-130° в.д.) зоны находятся в областях распространения арктического, субарктического и умеренного резко-континентального климата. Значения озёрности здесь высокие лишь в прибрежной зоне моря Лаптевых. На VI зону приходится акватория озера Байкал, существенно повышающего средние значения озёрности не только южной части, но и всей зоны (до 2.2%, тогда как средняя озёрность VII зоны ~0.8%). На юге VII зоны озёрность увеличивается за счёт высокоминерализованных бессточных, периодически пересыхающих водоёмов.

VIII зона (130-145° в.д.) лежит в области распространения как арктического, субарктического, так и умеренного резко-континентального, а на юге – муссонного климата. Средняя озёрность (~1.4%) ниже средней по стране. Повышенные значения наблюдаются на севере (70-72° с.ш.) и на юге (ниже 46° с.ш.), на территории Приханкайской равнины благодаря оз. Ханка.

IX и X зоны находятся в областях распространения арктического, субарктического и муссонного климатов. Между тем, если в IX зоне среднее значение озёрности близко к среднему по стране (~2%), то в X зоне оно составляет лишь ~1.3%. В отличие от прибрежной зоны морей Северного Ледовитого океана, побережье морей Тихого океана даже в его северной части имеет озёрность немногим превышающую среднюю. По мере резкого набора высоты значения озёрности существенно снижаются.

Наряду с озёрностью, показателем условий существования озёр в данных физико-географических условиях служит суммарное количество водоёмов. При этом интерес представляет не только общее количество дешифрируемых водных объектов, но и количество водоёмов, превышающих определённую площадь. Для возможности картографировать данные,

полученные по общему количеству водоёмов, расположенных в различных физико-географических регионах страны, была проведена оценка густоты озёрной сети на единицу площади. Были рассчитаны показатели количества озёр (водоёмов, превышающих 1 га), приходящихся на площадь в 1000 км², по всей территории Российской Федерации и количества озёр, превышающих 1 км², приходящихся на аналогичную площадь. По результатам расчётов были построены карты густоты озёрной сети (рисунок 6).

Ожидаемо, что карты озёрности и густоты озёрной сети характеризуются определённым сходством. В то же время различия проявляются в регионах с большим количеством малых водоёмов, где озёрность может быть не высока, тогда как густота озёрной сети значима. Как пример, можно рассмотреть Камчатский полуостров и Корякское нагорье – их озёрность уступает густоте озёрной сети, рассчитанной для водоёмов площадью более 1 га, в то же время крупных водоёмов в их пределах мало, что проявляется на рисунке 6-б. Также обращает на себя внимание, что на карте озёрности её наиболее высокие значения на севере АЧР отмечаются на озёрно-аллювиальных равнинах Яно-Индигорской, Колымской и Абыйской низменностей. В то же время на карте густоты озёрной сети, рассчитанной для водоёмов площадью более 1 га, наиболее озёрными являются морские аккумулятивные и водно-ледниковые равнины Западной Сибири, где процент малых водоёмов существенно выше. При этом, на карте густоты озёрной сети, построенной с учётом водоёмов, превышающих 1 км², на севере Западной Сибири выделяется целый ряд районов, где таких озёр фактически нет или их количество не превышает 2 на 1000 км². Зато озёрно-аллювиальные равнины Яно-Индигорской, Колымской и Абыйской низменностей характеризуются наиболее высокими показателями густоты озёр с площадями более 1 км². Повышенными значениями густоты озёр, превышающими данное значение, характеризуются и озёрно-аллювиальные равнины зоны недостаточного увлажнения юга Западной Сибири. Также обращает на себя внимание, что по озёрности Карельский сегмент Балтийского щита превосходит Кольский, а по количеству водоёмов на единицу площади – нет. В то же время уже водоёмов с площадями более 1 км² на Кольском полуострове существенно меньше, а в ряде районов, как и в пределах морских аккумулятивных и водно-ледниковых равнин Западной Сибири, они практически отсутствуют.

Карты густоты озёрной сети можно рассматривать как некоторое дополнение к карте озёрности. Кроме того, они также подтверждают тезис, что распределение озёр прежде всего определяется геологическими факторами, историей геологического развития региона и оспаривают достаточно распространённое в учебной географической литературе мнение, что общее количество озёр с продвижением в засушливые области сокращается.

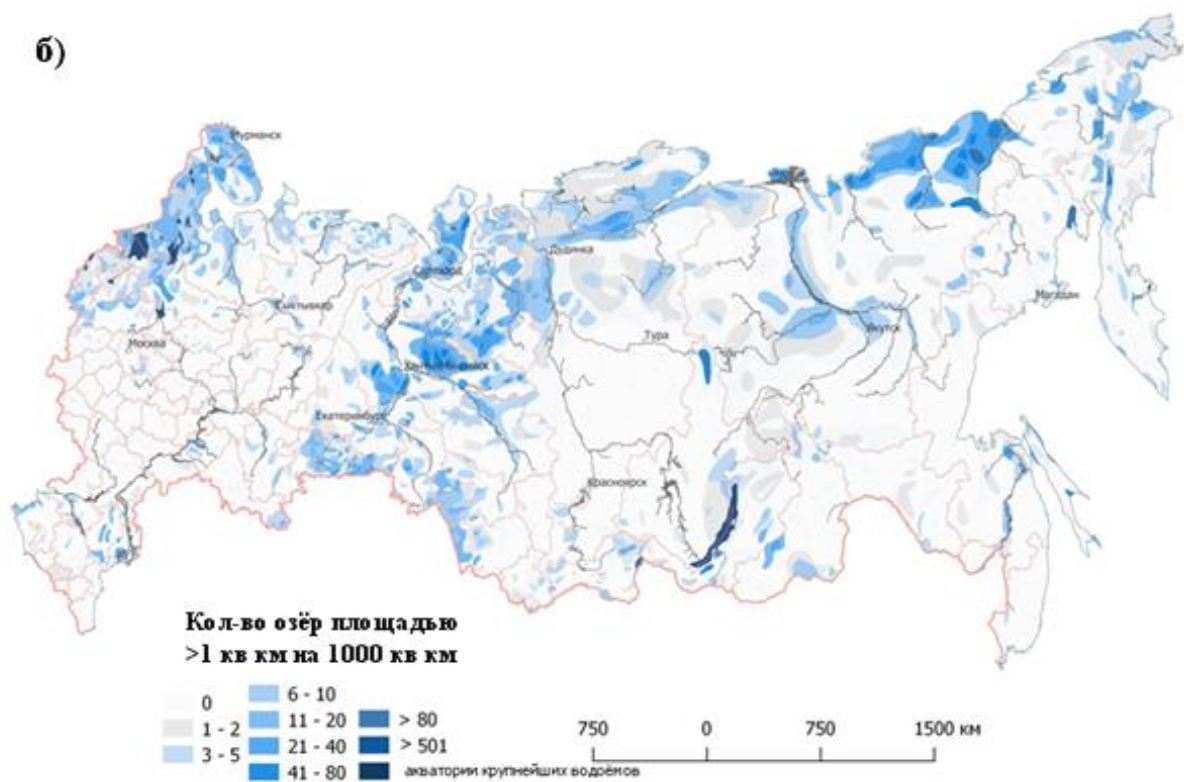
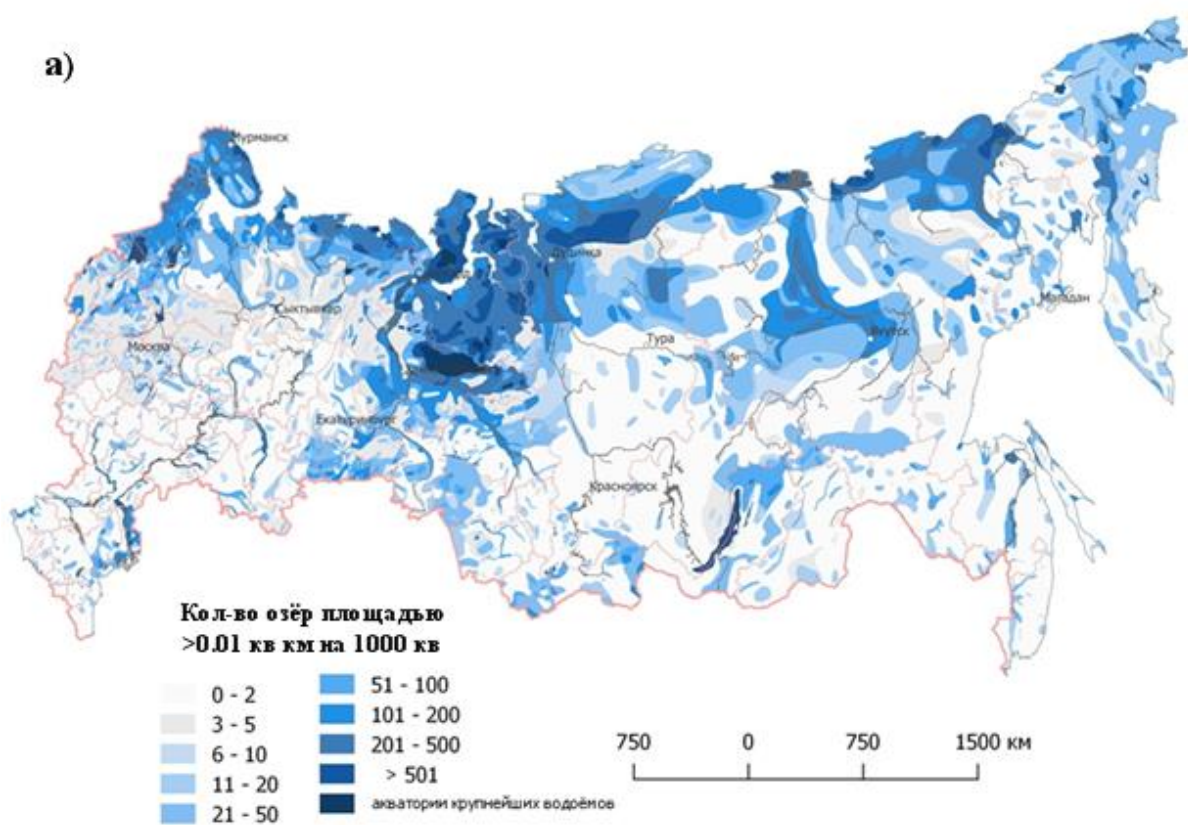


Рисунок 6 Карта густоты озёрной сети Российской Федерации, с учётом водоёмов, превышающих 1 га (а) и превышающих 1 км² (б)

4. Учёт водных ресурсов озёр и водохранилищ изменяет представление о водообеспеченности населения и хозяйства, рассчитанной по данным о ресурсах речного стока и запасах подземных вод.

Важной характеристикой, используемой при анализе распределения водных ресурсов по территории, является водообеспеченность, под которой принимают количество водных ресурсов, приходящихся на одного жителя. В отличие от суммарного значения водных ресурсов, значения водообеспеченности, полученные с учётом количества проживающего в регионе населения, позволяют лучше характеризовать наличие в нём водного дефицита. Поскольку среди всех видов мировых водных ресурсов наиболее удобными для хозяйственного использования являются возобновляемые (ресурсы речного стока), изначально понятие удельной водообеспеченности было разработано для их характеристики. Однако для современных оценок представляет интерес рассмотреть водообеспеченность территории не только за счёт возобновляемых, но и водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов.

Для расчёта современной удельной водообеспеченности жителей страны ресурсами вод озёр и водохранилищ использовались данные полученные диссертантом, тогда как оценка водообеспеченности за счёт ресурсов речного стока опиралась на данные по местному стоку и притоку из пограничных территорий, опубликованным в 2008 г. в обобщающей работе ГГИ «Водные ресурсы России и их использование». Сведения по численности населения были взяты из материалов Федеральной службы государственной статистики за 2018 г. Для сопоставимости данных удельная водообеспеченность ресурсами вод, заключённых в озёра и водохранилища, была оценена в единицах (тыс. м³/чел.), аналогичных водообеспеченности, рассчитанной с учётом возобновляемых водных ресурсов (тыс. м³/чел. год). Водные ресурсы водоёмов естественного и искусственного происхождения вычислялись как объёмы воды, осреднённые на начало XXI в. Возобновляемые водные ресурсы оценивались как осреднённые за определённый промежуток времени (с 1930 по 2005 гг.) объёмы воды, протекающей по русловой сети за годовой интервал времени.

Согласно проведённой оценке, на конец 2010-х гг. удельная водообеспеченность за счёт ресурсов речного стока в среднем по стране составляет ~27.6 тыс. м³/чел. год и почти в 5 раз превышает среднюю по планете Земля. На каждого жителя России также приходится ~176 тыс. м³ озёрных вод. Однако, при высоких средних значениях, целый ряд регионов страны ощущает значительные проблемы с водоснабжением.

Для сравнения водообеспеченности в различных регионах мира ещё в 1980-е гг. И.А. Шикломановым была приведена градация водообеспеченности, используемая в дальнейшем для региональных оценок в отечественной и зарубежной литературе:

- Удельная водообеспеченность выше 20 тыс.м³/чел. год считается очень высокой;

- Удельная водообеспеченность от 10 до 20 тыс.м³/чел. год считается высокой;
- Удельная водообеспеченность от 5 до 10 тыс.м³/чел. год считается средней;
- Удельная водообеспеченность от 2 до 5 тыс.м³/чел. год считается низкой;
- Удельная водообеспеченность от 1 до 2 тыс.м³/чел. год считается очень низкой;
- Удельная водообеспеченность < 1 тыс.м³/чел. год считается катастрофически низкой.

С учётом данной градации, субъектами Федерации с катастрофически низкой удельной водообеспеченностью (рисунок 7-а), рассчитанной с применением разработанной в ГГИ методики по данным о ресурсах речного стока, в настоящее время являются Республика Крым и Московская область, в которых проживает 23.6 млн. человек. Очень низкой удельной водообеспеченностью характеризуются Ставропольский край и Белгородская область с населением ~4.4 млн. человек. При этом необходимо иметь в виду, что согласно методике И.А. Шикломанова при расчёте водообеспеченности должна учитываться и часть притекающих вод. Как результат, для ряда регионов (например, для низовьев Волги) за счёт учёта транзитного стока полученные величины оказываются завышенными и не отражают локальные проблемы водоснабжения.

В настоящее время в регионах с водообеспеченностью менее 5 тыс. м³/чел на площади 782 тыс. км² (4.5% площади страны) проживает 55.6 млн. человек, то есть 38% населения России, а с водообеспеченностью менее 10 тыс. м³/чел. – 60% населения. Большая часть регионов, испытывающих водный дефицит, относится к зоне недостаточного увлажнения, однако и ряд регионов зоны достаточного увлажнения в силу высокой населённости характеризуются низкими значениями удельной водообеспеченности.

Большинство регионов с низкой и средней водообеспеченностью обладают значительными запасами воды, содержащейся в искусственных водоёмах. За счёт создания искусственных водоёмов на порядок увеличены статические запасы пресных поверхностных вод большинства областей, расположенных в центральной части ЕЧР, а субъектов Федерации, расположенных вдоль русла Волги – на два порядка. На юге ЕЧР воды водохранилищ играют важную роль в водообеспечении Ростовской области, Ставропольского края, Республик Дагестан, Адыгея, Калмыкия и Карачаево-Черкесия. Кроме того, ряд регионов с низкой и средней водообеспеченностью имеет и значительные запасы озёрных вод. Значимыми запасами озёрных вод обладают Челябинская, Новосибирская, Курганская и Омская области (рисунок 7-б).

В озёрах, расположенных в зоне недостаточного увлажнения и характеризующихся пониженной водообеспеченностью, суммарно содержится ~37 км³ воды, в том числе ~20 км³ – пресной, в водохранилищах – ещё 113 км³. В зоне достаточного увлажнения в озёрах регио-

нов с пониженной водообеспеченностью содержится $\sim 2.4 \text{ км}^3$ пресной воды, в водохранилищах $\sim 4.5 \text{ км}^3$ (рисунок 8).

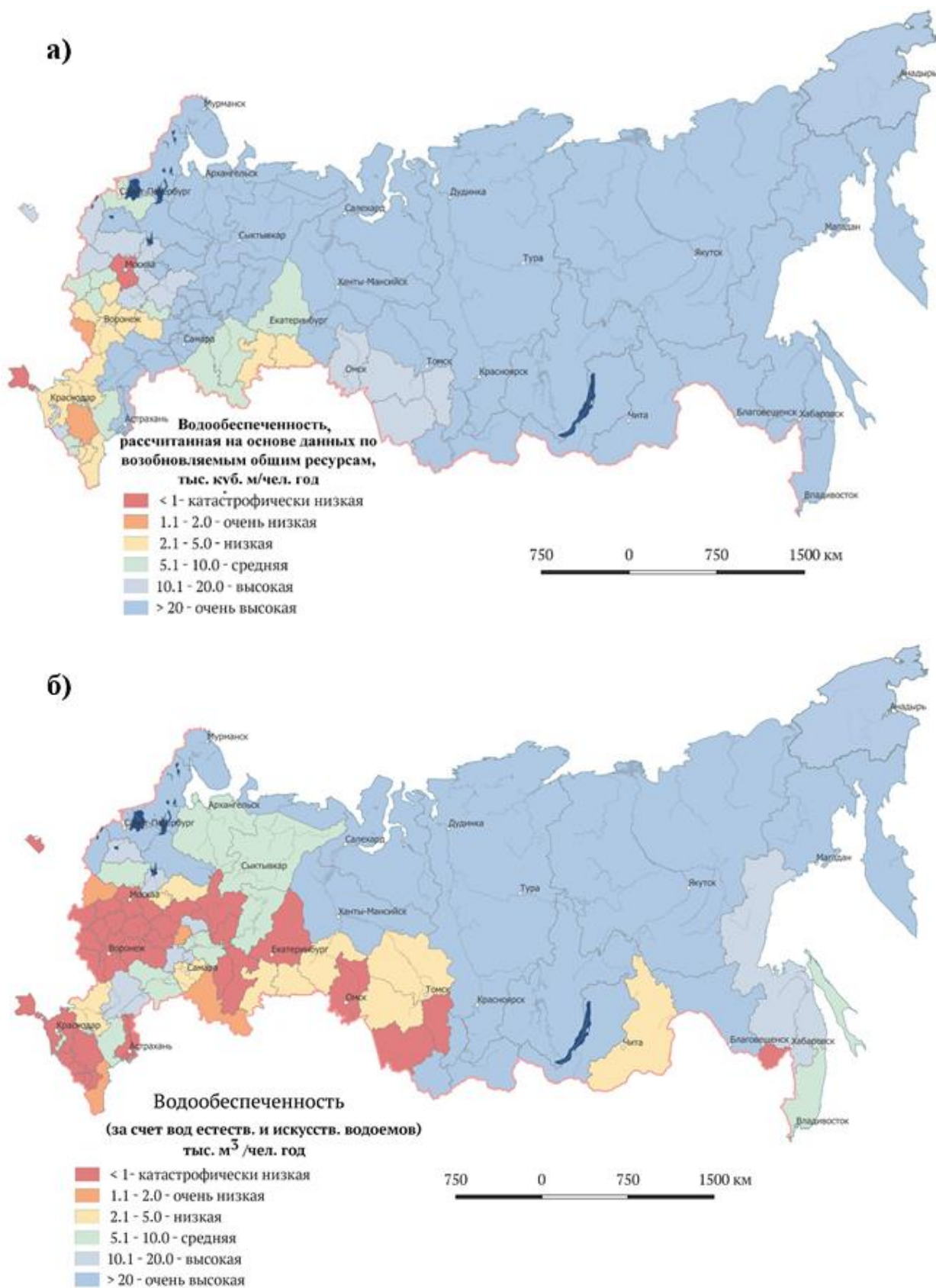


Рисунок 7. Водообеспеченность (в тыс. $\text{м}^3/\text{чел. год}$), рассчитанная с учётом ресурсов речных вод (а) и водообеспеченность (в тыс. $\text{м}^3/\text{чел.}$), рассчитанная с учётом вод, содержащихся в естественных и искусственных водоёмах (б).

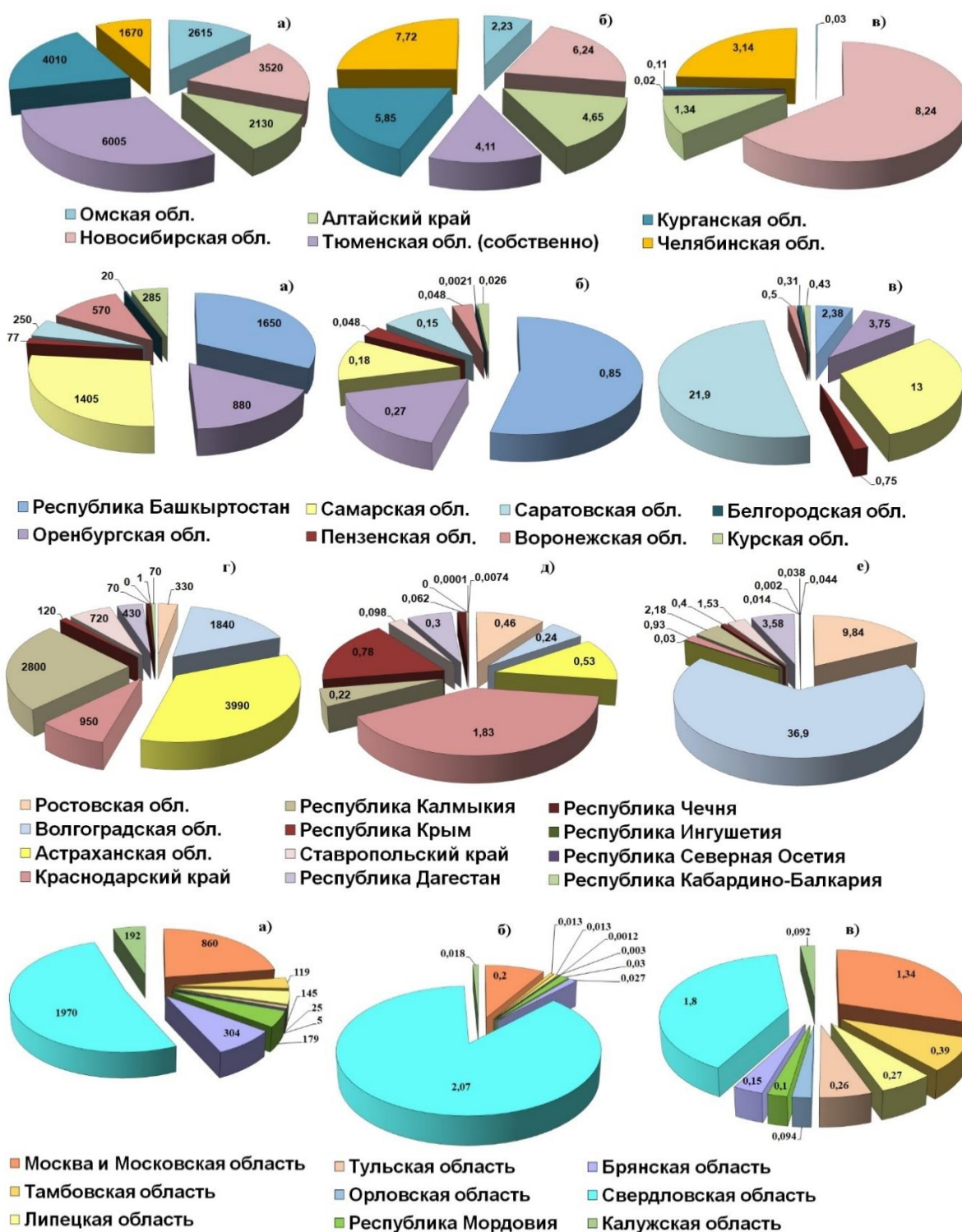


Рисунок 8. Распределение количества озёр (а), запасы содержащихся в них вод (б), и вод, заключённых в искусственные водоёмы (в) по субъектам федерации, характеризующимся пониженной водообеспеченностью.

Благодаря значимым характеристикам озёрного фонда, озёрные воды могут играть важную роль в водоснабжении населения и экономики ряда регионов водного дефицита. Однако, в силу замедленной возобновляемости, их использование требует чёткого обоснования, так как нерациональное использование озёрных вод быстро приводит к неблагоприятным экологическим последствиям и снижению фонда естественных водоёмов.

5. Россия по-прежнему обладает значительными стратегическими резервами чистых вод, поскольку основная масса озёрной воды сконцентрирована в крупнейших озёрах, качество воды большинства из которых относительно высокое.

Проведённый анализ фонда естественных и искусственных водоёмов показал, что в больших водоёмах, площадь зеркала которых превышает 100 км², сконцентрировано более 95% суммарного запаса вод. Именно большие озёра и водохранилища определяют стратегический запас вод страны, что обостряет вопрос об их экологическом состоянии. В рамках исследования была выполнена современная оценка объёмов воды различного качества, содержащейся в больших озёрах и водохранилищах России, по Федеральным округам. В её основу были положены литературные данные, а также данные ежегодников о состоянии экосистем поверхностных вод России и материалы Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» за 2009–2017 годы.

Обобщая результаты оценки, необходимо отметить, что более 2/3 вод, содержащейся в больших озёрах ЕЧР на настоящий момент остаются олиготрофными, и около 60% относятся к 1 классу качества (рисунок 9). Такой высокий процент условно чистых вод связан, прежде всего, с относительно высоким качеством глубинных вод крупнейших озёр ЕЧР (Ладожского и Онежского), и со значительными запасами воды в больших северных озёрах. В то же время, олиготрофные воды присутствуют лишь в крупных северных водохранилищах, тогда как большинство крупных водохранилищ центра ЕЧР характеризуются как мезотрофно-эвтрофные или эвтрофно-мезотрофные. Качество вод, содержащихся в больших озёрах, намного превосходит качество вод, заключённых в крупных водохранилищах речного типа. Воды 5 класса наблюдаются лишь в водохранилищах (около 2%). Доля вод 4 класса для больших озёр не превышает 1% их суммарного объёма, тогда как для крупных водохранилищ она составляет лишь чуть менее половины суммарного объёма. Гипертрофные воды встречаются как в озёрах, так и в водохранилищах, их доля оценивается, соответственно, в 0.17 и 2.15%. Несмотря на то, что в крупных озёрах ЕЧР объёмы условно чистых вод пока ещё достаточно высоки, экологическое состояние значительного числа средних и малых водоёмов ЕЧР, и прежде всего её центральной и южной частей, крайне неблагоприятно. В то же время, благодаря относительно небольшим объёмам содержащихся в них вод, они не так сильно ухудшают суммарную картину качества вод, содержащихся в озёрах ЕЧР.

Северо-Западный федеральный округ (СЗФО) характеризуется не только наибольшими запасами озёрных вод в европейской части страны, но и наиболее благоприятным экологическим состоянием озёрных экосистем. Для округа характерно большое количество крупных озёр, большинство из которых отличается высоким качеством воды. Среди больших водоёмов наиболее сложная экологическая ситуация в настоящее время наблюдается на Рыбин-

ском водохранилище и на части Чудско-Псковского оз. В то же время качество воды малых и средних водоёмов СЗФО значительно варьирует по территории округа в зависимости как от природных причин, так и от уровня антропогенного воздействия на водосборе.

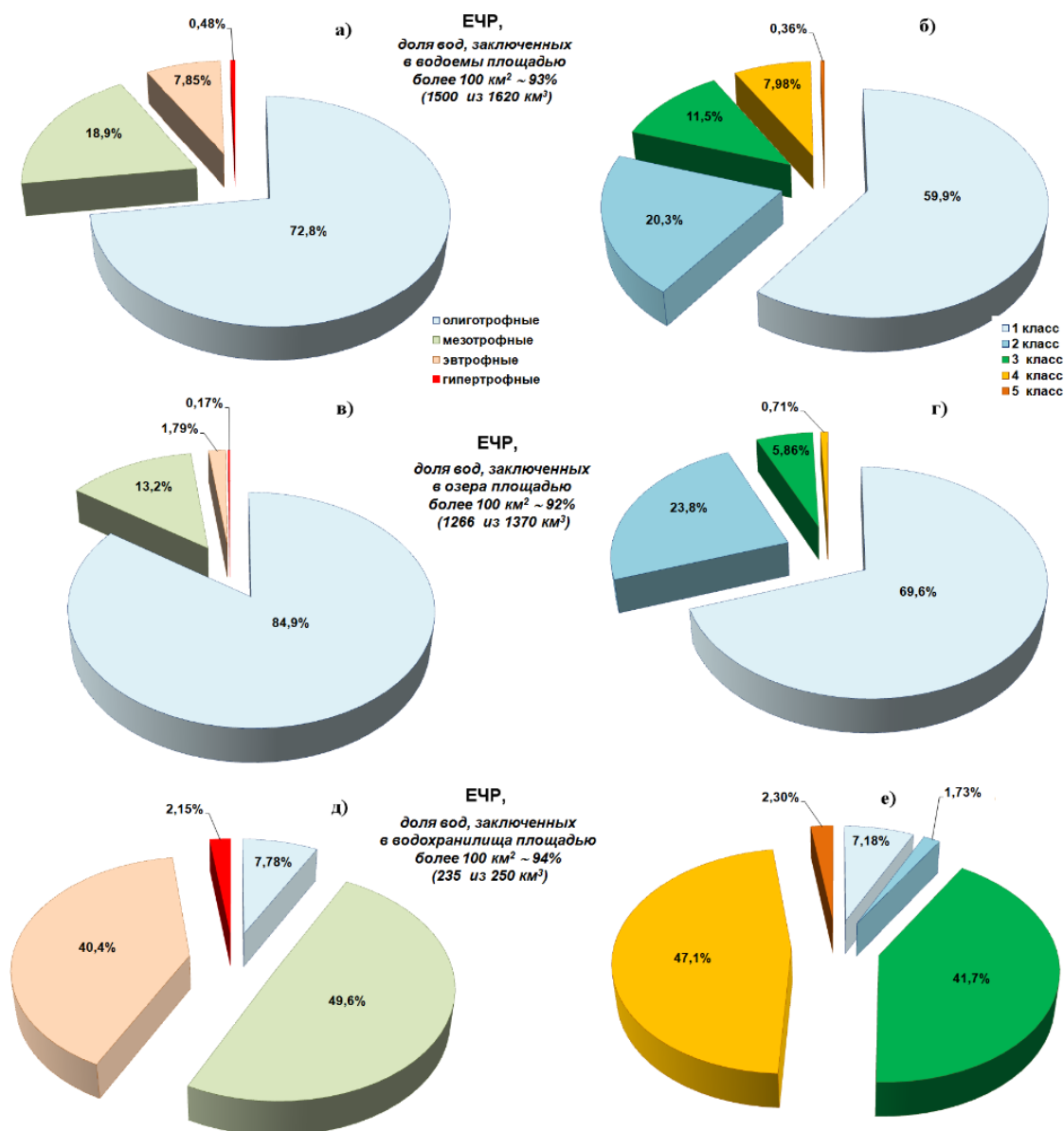


Рисунок 9. Трофический статус вод, заключённых в водоёмы ЕЧР, площадью > 100 км²: а) – все водоёмы, в) – озёра, д) – водохранилища; и класс загрязнения вод: б) – все водоёмы, г) – озёра, е) – водохранилища.

За пределами СЗФО больших озёр немного, значительная их часть характеризуется повышенной минерализацией. Большая часть вод сконцентрирована в водохранилищах. Среди крупных водоёмов олиготрофные отсутствуют. В центральной части ЕЧР преобладают мезотрофные и мезотрофно-эвтрофные, а на юге – эвтрофные воды, определённую долю составляют гипертрофные. Для многих водоёмов характерно повышенное содержание токсических веществ. Воды большинства водохранилищ оцениваются 3 и 4 классом качества, доля вод 5-ого класса составляет более 2%. Высокое качество воды характерно лишь для небольших по

размеру естественных водоёмов, прежде всего глубоководных карстовых озёр (широко представленных в пределах Приволжского ФО) и ряда озёр ледникового происхождения (север Центрального ФО, высокогорные территории). Большинство старичных озёр чаще всего отличаются невысоким качеством воды, низкое качество характерно обычно и для небольших искусственных водоёмов. Катастрофический уровень загрязнения наблюдается на тех водоёмах, которые используются в качестве отстойников, среди них ряд достаточно крупных.

Поскольку освоение азиатской части России значительно отставало от европейской, озёра АЧР начали испытывать на себе антропогенный пресс несколько позже. В настоящее время более 99% вод, содержащейся в озёрах АЧР с площадями $>100 \text{ км}^2$ остаются олиготрофными и относятся к 1 классу качества, без учёта озера Байкал – около 90% и более 86%, соответственно. В водохранилищах доля олиготрофных вод – около 40%, к 1 классу качества относится около 4%. Большая часть вод, содержащихся в водохранилищах, являются мезотрофными (56%) и относятся ко 2-му (36%) и 3-му (42%) классам качества (рисунок 10).

Качество воды малых и средних озёр АЧР существенно выше, чем озёр ЕЧР. В то же время, для малых озёр АЧР характерна значимая доля дистрофных вод. Обращает на себя внимание, что с учётом вод водохранилищ, практически повсеместно характеризующихся пониженным качеством, и без учёта оз. Байкал, лишь около половины вод, содержащихся в крупнейших водоёмах АЧР, можно охарактеризовать как условно чистые.

На общем фоне азиатских озёр резко выделяется оз. Байкал, как крупнейший пресноводный водоём Земли. Однако, даже при том, что основная масса байкальской воды продолжает оставаться условно чистой, экологическое состояние озера является важнейшей государственной проблемой. Основные экологические изменения, происходящие в настоящее время на Байкале, затрагивают преимущественно его прибрежную зону, однако, характер этих изменений и скорость с которой они происходят крайне опасны для всей озёрной экосистемы.

В европейской части страны не меньшее значение имеет сохранение качества воды её крупнейших водоёмов, и прежде всего – Ладожского и Онежского озёр. По своему суммарному объёму они более чем в 20 раз уступают Байкалу, однако для европейской части России их значение как потенциального резерва вод высокого качества крайне велико. Оно увеличивается на фоне наблюдающейся деградации качественных характеристик водных ресурсов центра и юга ЕЧР.

Подводя итог, необходимо отметить, что хоть благодаря сохранению высокого качества воды в наиболее крупных озёрах, Россия продолжает характеризоваться значительными стратегическими резервами чистых вод, при современных темпах промышленного развития, загрязнённость озёрных вод происходит быстро и может носить непоправимый характер.

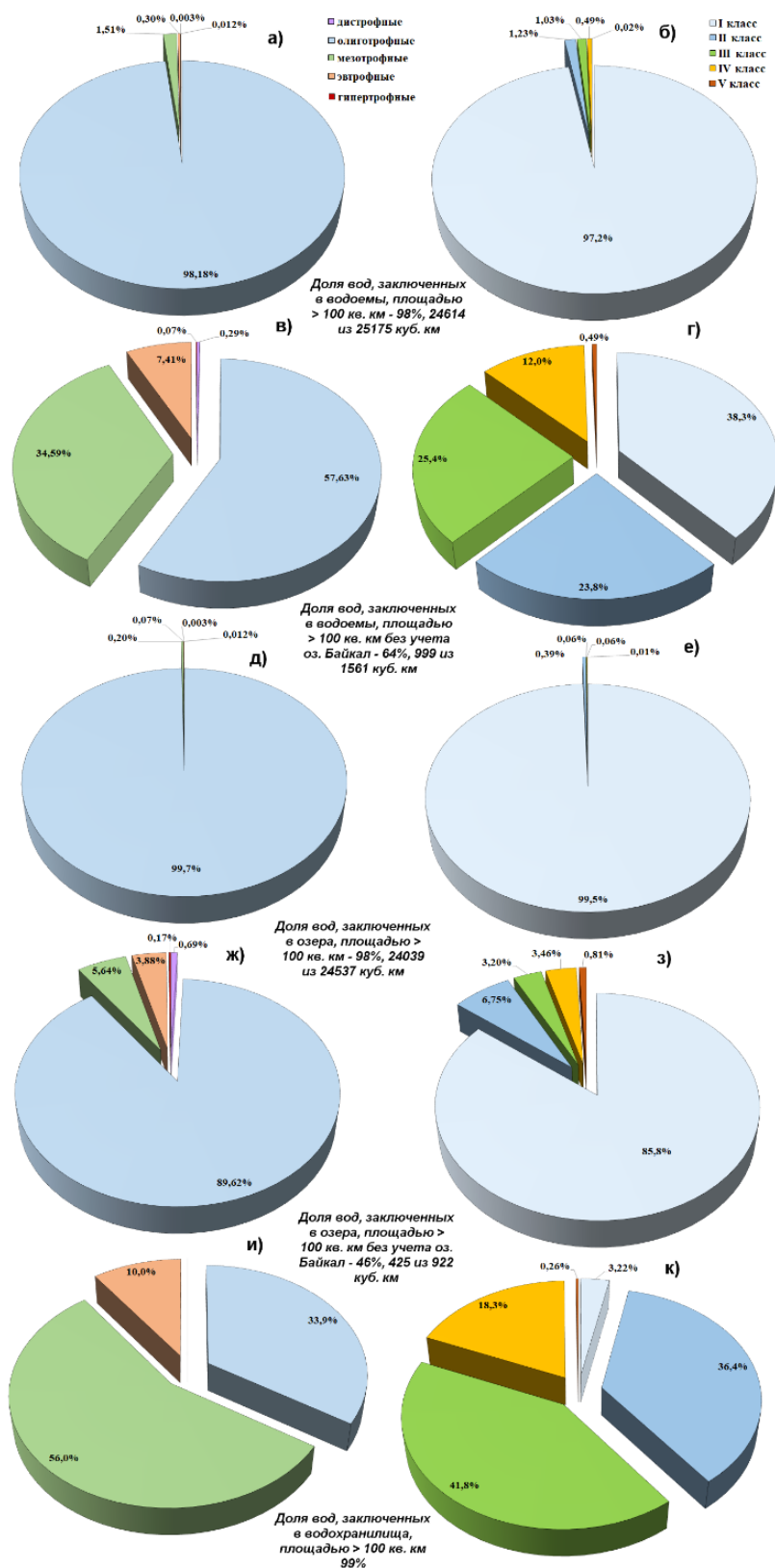


Рисунок 10. Трофический статус вод, заключённых в водоёмы АЧР, площадью > 100 км²: а) – все водоёмы, в) – все водоёмы без Байкала, д) – озёра, ж) – озёра без Байкала, и) – водохранилища; и класс загрязнения вод: б) – все водоёмы, г) – все водоёмы без Байкала, е) – озёра, з) – озёра без Байкала, к) – водохранилища.

6. При сохранении существующей системы природопользования, планы экономического развития России могут привести к значительному ухудшению экологической обстановки в целом ряде регионов. В европейской части страны продолжится сокращение озёрного фонда. Существенно обострится ситуация с водными ресурсами северных территорий, в том числе озёрными.

Сравнение индивидуальных площадей водоёмов, полученных при их оценке по современным спутниковым снимкам, с площадями, опубликованными в Водном кадастре и полученными по картографическим данным середины XX века, дало возможность выявить тренды количественных изменений озёрного фонда по ряду регионов. Тренды определялись при значимом и однонаправленном изменении площадей целого ряда водоёмов в пределах какой-либо территории, превышающих возможные погрешности расчётов. Снижение озёрного фонда было выявлено в центральной части Русской равнины и на юге ЕЧР. Оно происходило благодаря целому комплексу антропогенных факторов, однако имело наиболее выраженный характер в районах активного гидростроительства. Проведённая оценка показала, что ряд старичных озёр, отмеченных на картах середины XX века и внесённых в Водный кадастр, к сегодняшнему дню почти или полностью пересохли, вместе с тем появились группы новых водоёмов. Для центра Русской равнины характерно и сокращение площадей озёр, расположенных среди постледникового рельефа. По сравнению с серединой прошлого века активизировалось их зарастание высшей водной растительностью. За последние полстолетия общее сокращение фонда естественных водоёмов для ряда речных бассейнов, расположенных в центре Русской равнины, составляет до 10-15%, а на юге – до 20% и более.

Среди основных причин сокращения озёрного фонда Русской равнины, наряду с процессами так называемого «старения озёр», можно назвать высокую антропогенную нагрузку, приведшую к фактически полному исчезновению естественных ландшафтов, изменение системы дренажа, связанное с масштабным гидростроительством, высокую долю водозабора и, отчасти, климатические изменения. На снижении озёрного фонда сказываются и очень высокие скорости современного антропогенного эвтрофирования озёр. Ускорившееся из-за активного развития сельского хозяйства поступление с водосбора рыхлого материала способствует постепенному заполнению водной чаши, а резко повышенное содержание биогенных веществ в воде приводит к быстрому зарастанию мелководий. На юге ЕЧР важнейшую роль в снижении озёрного фонда наряду с гидростроительством играет разбор воды на орошение, в том числе из поверхностных источников. Так как фонд естественных водоёмов в пределах центра и юга Русской равнины изначально невелик, а плотность населения значительна, наблюдающиеся здесь темпы сокращения площадей озёр внушают очень большие опасения.

Проведённый анализ изменений озёрного фонда России, происходящих под влиянием антропогенной деятельности, а также особенностей функционирования озёрных экосистем в различных природных условиях и их реакции на антропогенную нагрузку, позволили выявить основные региональные проблемы функционирования озёрных экосистем и провести обобщение по современному состоянию озёрного фонда РФ на уровне озёрных регионов. С этой целью были проанализированы основные виды хозяйственной деятельности, сказывающиеся на экологическом состоянии озёрных экосистем, и основные изменения, вызываемые их действием. Оценка уровней изменений, происходящих с озёрными экосистемами, проводилась по 4 цифровым индексам:

0 – загрязнение отсутствует или незначительное, локализованное;

1 – загрязнение охватывает менее 20% озёр, на большинстве из которых оно выражено некатастрофично;

2 – загрязнение охватывает более 20% озёр, для большинства которых имеет значительные последствия;

3 – загрязнение охватывает более половины водных объектов, на ряде из которых – опасное.

С учётом особенностей социально-экономического развития регионов, был дан прогноз тенденций экологических изменений, которые могут произойти с озёрным фондом в различных частях страны в ближайшей перспективе.

Обобщая проведённый анализ, необходимо отметить, следующее:

В настоящее время наиболее неблагоприятное положение с озёрными экосистемами наблюдается в центральной и южной частях ЕЧР. Наряду с постепенным сокращением фонда естественных водоёмов и их заменой искусственными, здесь наблюдаются очень высокие темпы антропогенного эвтрофирования и токсического загрязнения водоёмов. Темпы сокращения озёрного фонда наиболее катастрофичны в южной части ЕЧР, где, наряду с активным заиливанием озёр и исчезновением наиболее мелких водоёмов, происходит существенный рост минерализации озёр с их переходом к более высокой градации солёности. При сохраняющемся характере землепользования, темпах экономической активности и отсутствии жёсткого экологического законодательства состояние большинства озёрных экосистем в ближайшие десятилетия останется в данных регионах экологически крайне неблагоприятным. Исключение могут составить лишь водоёмы, получившие охранный статус, однако лишь в случае усиления внимания к их экологическому состоянию и разработки соответствующих программ, предусматривающих комплекс работ по их лимнологическому изучению.

Сокращение фонда естественных водоёмов к середине XXI века (за счёт процессов заиливания, зарастания водной растительностью, а также благодаря нарушениям водного пита-

ния за счёт антропогенного воздействия и климатических изменений) в центральной части ЕЧР может составить около 10%, а в южной части – до 20%. Особую роль в сокращении озёрного фонда на юге ЕЧР будет играть рост водозабора на хозяйственные нужды, приводящий к сокращению естественного притока. В центральной части ЕЧР одной из важных причин снижения озёрного фонда являются высокие значения водозабора грунтовых вод.

Неблагоприятное экологическое состояние озёрных экосистем в настоящее время наблюдается и на юге азиатской части России, прежде всего в пределах равнинных территорий юга Западной Сибири и Дальнего Востока, на Среднем и Южном Урале, а также в пределах межгорных котловин Байкальской горной страны. В сравнении с центром и югом ЕЧР, ситуация здесь в целом более благоприятная благодаря меньшей заселённости и, соответственно, меньшей антропогенной нагрузке, однако она значительно усиливается в годы низкой водности, когда большинство негативных процессов на озёрах резко обостряется. В этой связи на ухудшении существующей ситуации в данных регионах могут существенно сказаться климатические изменения. Уменьшение количества атмосферных осадков приведёт к снижению притока воды в водоёмы, что повлечёт снижение их водозапаса и обострение экологических проблем. Наряду с нарушениями естественного гидрологического режима, климатические изменения повлияют и на гидрохимический режим озёр. С сокращением притока возрастёт минерализация воды, а повышение температуры приведёт к активизации процессов эвтрофирования водоёмов.

Существующие планы экономического развития юга АЧР на ближайшие десятилетия возможно не приведут к кардинальным широкомасштабным экологическим изменениям озёрных экосистем, однако можно ожидать возникновения локальных проблем, возникающих при строительстве новых горно-добывающих предприятий и комбинатов по переработке полученного сырья. Вместе с тем, следует ожидать существенного усиления транзитного загрязнения с речным стоком. В этой связи особую опасность представляют воды реки Амур, в долине которой находится большое число озёр, в том числе достаточно крупных. Среди стран амурского бассейна наибольшей плотностью населения, а также высокой хозяйственной активностью характеризуется Китай. Его динамично развивающаяся экономика будет в значительной мере определять загрязнение амурских вод, протекающих по территории России, что может резко ухудшить состояние озёрных экосистем, расположенных в пределах межгорных равнин Дальнего Востока, вызывая рост процессов эвтрофирования, заиления и увеличение токсической загрязнённости. Большинство даже крупных озёр, расположенных в данном регионе, являются мелководными, так что загрязнение будет проявляться быстро, а возможности борьбы с ним будут осложнены постоянным дополнительным поступлением в воду загрязнителей, уже накопленных в верхней части донных отложений. На качестве вод

ряда дальневосточных озёр отразится и планируемая разработка нефтяных месторождений (на юге российского Дальнего Востока и у побережья о-ва Сахалин), угрожающая их загрязнению нефтепродуктами.

В последние несколько десятилетий значительное ухудшение экологического состояния озёрных экосистем наблюдается в пределах равнинных северных территорий России. Наряду с токсическим загрязнением, здесь наблюдается антропогенное эвтрофирование водоёмов, процессы ацидификации, резко усилились процессы заиления озёр. Масштабы загрязнения расширялись по мере разработки месторождений углеводородов. И, если изначально негативные процессы затрагивали, прежде всего, водоёмы средней части Западно-Сибирской низменности (Тюменская область и Ханты-Мансийский авт. округ), то с продвижением нефтяных и газовых промыслов на север, происходит резкое ухудшение экологического состояния северных озёрных экосистем (республика Коми, Ямало-Ненецкий и Ненецкий авт. округа), характеризующихся, в связи с их упрощённостью, повышенной уязвимостью к любым видам антропогенного воздействия. Наряду с разработкой углеводородов, на экологическом состоянии северных озёр сказалась также разработка месторождений рудных ископаемых и строительство на их базе крупных металлургических предприятий. В этой связи в настоящее время крайне неблагоприятная обстановка наблюдается в пределах Северо-Сибирской низменности (север Красноярского края, Таймырский Долгано-Ненецкий р-он), оказавшейся в зоне воздействия аэрогенного загрязнения, источником которого служит Норильский горнодобывающий и металлопроизводящий комбинат.

Существующие планы активного освоения северных территорий (освоение углеводородных месторождений Ямальского и Гыданского полуостровов, Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции; комплексное освоение Полярного Урала, предусматривающее разведку и добычу полезных ископаемых и развитие горнодобывающих и обогатительных предприятий; расширение геологоразведочных работ на платиноиды и никель на полуострове Таймыр; проведение широкого комплекса геологоразведочных работ по оценке золотосодержимости на о-вах Северной Земли и в прибрежной части п-ова Таймыр) приведут к существенному росту загрязнения северных озёр. В связи с этим можно ожидать резкого усиления процессов антропогенного эвтрофирования и ацидификации озёр, роста токсической загрязнённости вод, усиления заиления водоёмов. На фоне последующих за этим перестроек в озёрных экосистемах, произойдут рост заболеваемости рыб, снижение рыбных запасов, перестройки рыбного сообщества в сторону увеличения доли менее ценных видов. Качество озёрных вод, часто используемых на севере для питьевого водоснабжения, может снизиться до столь опасного предела, что повлечёт за собой увеличение заболеваемости местного населения, потребляющего воду низкого качества и обитающую в озёрно-речных системах рыбу.

Что касается крупнейших озёр России, их экологическое состояние будет прежде всего определяться комплексом водоохраных мероприятий, проводимых в их бассейнах, и в ближайшие десятилетия при строгом соблюдении экологического законодательства может быть даже улучшено. Крупнейшие озёра России продолжают представлять собой важнейший резерв относительно чистых вод, несмотря на возрастающие экологические проблемы малых и средних водоёмов.

Подводя итог проведённому обобщению по состоянию озёрного фонда России, необходимо сделать следующие выводы и рекомендации:

➤ С учётом планов развития арктических регионов и на фоне возникающих здесь в последние десятилетия серьёзных экологических проблем, необходима разработка специальной федеральной программы, направленной на изучение механизмов функционирования северных озёрных экосистем и оценки их устойчивости к различным загрязнителям. Её итогом должна стать разработка комплекса мер по охране озёрных экосистем, восстановлению озёр, претерпевающих наибольшие негативные изменения. Важнейшей целью такой программы должно стать обеспечение проживающего на севере населения водными и рыбными ресурсами надлежащего качества;

➤ Низкой лимнологической изученностью характеризуется ряд центральных регионов страны, где озёрный фонд невелик и представлен преимущественно малыми водоёмами. Потери озёрного фонда невосполнимы, если исчезающее озеро обладает уникальными особенностями или является местом обитания редких видов флоры и фауны. В этой связи при крайне медленном внедрении правил рационального землепользования в повседневную практику, необходимо принятие действенных мер по выявлению наиболее ценных в экологическом отношении и наиболее эстетически привлекательных водных объектов и придание им особого охранного статуса. Необходима разработка программы мониторинговых исследований на всех озёрах, получивших особый охранный статус, а также постоянное расширение количества таких объектов;

➤ Аналогичная программа мониторинга водных объектов, получивших охранный статус, необходима и для озёр северных территорий. В ином случае, по мере нарастания темпов промышленного освоения, могут начаться необратимые процессы, приводящие к безвозвратной потере их уникальной биоты;

➤ С целью сохранения экологического состояния озёр Межгорных равнин Дальнего Востока, включая крупнейшее озеро Дальнего Востока – Ханка, необходимо повышение уровня сельскохозяйственной практики, а также разработка и принятие совместных действий российской и китайской сторон, в том числе определение масштабов допустимой ан-

тропогенной нагрузки и нормирование промышленных и сельскохозяйственных сбросов в бассейне р. Амур.

➤ Ситуация на юге АЧР требует усиления внимания к происходящим здесь климатическим изменениям, что необходимо в том числе и для определения возможностей привлечения озёрных вод для улучшения водоснабжения без особого ущерба для озёрных экосистем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведённого исследования выполнена комплексная оценка водно-ресурсного потенциала Российской Федерации, предоставляющая данные о современном состоянии водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, включая их количественные и качественные характеристики. Выявлены общие закономерности распределения озёрного фонда по территории и определяющие их факторы. Проведён анализ структурных изменений, происходящих с озёрным фондом под влиянием природных и антропогенных факторов.

В процессе работы над диссертацией были сформулированы следующие выводы:

1. Наряду с речным стоком и запасами подземных вод, воды озёр играют важнейшую роль в водном хозяйстве страны, являясь одним из важнейших видов поверхностных водных ресурсов. Из-за замедленной возобновляемости, оценка их количественных и качественных характеристик нуждается в постоянном уточнении. Новая оценка фонда естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации проведена на методологической основе, позволяющей в дальнейшем осуществлять их сопоставление с возобновляемыми водными ресурсами. Разработанная методика позволила существенно уточнить оценки озёрного фонда, проводимые ранее.

2. Полученные в ходе работ результаты оценки водного фонда естественных и искусственных водоёмов предоставляют современные данные о состоянии водных ресурсов озёр и водохранилищ страны, их распределении и происходящих с ними структурных изменениях.

Установлено, что на равнинные и слабо возвышенные территории, занимающие более 2/3 площади Российской Федерации, приходится 94% от общего числа водоёмов, при этом здесь находится лишь ~6.9% от всех запасов вод. Из них 3.6% сконцентрировано в озёрах Балтийского щита (с учётом лишь части объёмов Ладожского и Онежского озёр, расположенных на стыке щита и Русской платформы). В озёрах и водохранилищах горных регионов содержится более 90% вод России, однако количество водоёмов составляет здесь лишь 5.6% от общего по стране.

3. Распределение озёр по территории страны прежде всего определяется геологическими факторами, историей геологического развития региона и гораздо в меньшей степени зависит от его климатических характеристик. Хорошей визуализацией полученных данных

оценки озёрного фонда и его распределения по территории являются карты озёрности и густоты озёрной сети. Анализ построенных карт, а также проведённый анализ распределения средних значений озёрности по широтным зонам подтверждают данный вывод и оспаривают достаточно распространённое в учебной географической литературе мнение, что общее количество озёр с продвижением в засушливые области сокращается. Обилием озёр, прежде всего, характеризуются территории, относительно недавно находившиеся под ледниковым покровом или морскими водами. Центральная часть Русской равнины, расположенная в пределах зоны достаточного увлажнения в области умеренно-континентального климата, характеризуется наименьшими по стране значениями естественной озёрности. В то же время юг Западной Сибири, находящийся в зоне недостаточного увлажнения, характеризуется средней по стране озёрностью и имеет значимые запасы озёрных вод. Некоторое повышение коэффициентов озёрности наблюдается почти вдоль всей южной границы нашей страны.

4. Для Российской Федерации, несмотря на значительные суммарные показатели водного фонда (только в естественных водоёмах содержится $25\,855\text{ км}^3$ воды), характерна значительная пространственная неоднородность распределения водных ресурсов и водообеспеченности. Последняя обуславливается как физико-географическими условиями конкретного региона, так и особенностями его экономического развития. Высокими значениями водных ресурсов (как быстро возобновляемых, так и отличающихся замедленным водообменом) характеризуются северные регионы страны, обладающие большими запасами минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, и остающиеся наименее заселёнными и слабо освоенными территориями. Дефицит водных ресурсов наблюдается как в пределах значительной части зоны недостаточного увлажнения, так и в центральной части ЕЧР, отличающейся повышенной плотностью населения и высокой концентрацией промышленного производства. В настоящее время в регионах с низкой и средней водообеспеченностью проживает ~60% населения, в том числе ~20% – в регионах, где водообеспеченность характеризуется как «очень низкая» и «катастрофически низкая». Большинство этих регионов обладают значительными запасами воды, содержащейся в искусственных водоёмах, а некоторые – и значительными запасами озёрных вод. Озёрные воды могут играть важную роль в водоснабжении населения и экономики регионов водного дефицита, однако, в силу замедленной возобновляемости, их использование требует чёткого обоснования.

5. Россия продолжает характеризоваться значительными стратегическими резервами чистых вод. Благодаря озеру Байкал, которое несмотря на целый комплекс проблем в его прибрежной зоне, остаётся относительно чистым по большей части акватории, более 99% вод, содержащейся в озёрах АЧР с площадями $>100\text{ км}^2$ на настоящий момент остаются олиготрофными, и относятся к 1 классу качества. Без учёта озера Байкал – около 90% и более

86%, соответственно. В больших озёрах ЕЧР более 2/3 суммарного объёма вод остаются олиготрофными и относятся к 1 классу качества. Качество воды крупнейших водохранилищ существенно хуже, в большинстве своём их наполняют мезотрофные и эвтрофные воды 3-го и 4-го класса. Экологическое состояние значительного числа средних и малых водоёмов России крайне неблагоприятно, однако объём содержащихся в них вод мал в сравнении с суммарной величиной водных ресурсов озёр страны.

Тот факт, что большие озёра определяют наличие в стране значительного стратегического резерва условно чистых вод, резко обостряет вопрос об их охране. В то же время экологическое состояние крупнейших озёр России – Байкала, Ладожского и Онежского, продолжает оставаться проблематичным, особенно на фоне негативных изменений, происходящих в их прибрежных зонах.

6. Полученные в ходе исследования результаты позволили провести оценку изменений, происходивших с озёрным фондом на протяжении XX – начала XXI века, затрагивающих как их качественные, так и количественные характеристики. На малых водоёмах центральной и южной частей ЕЧР наряду с деградацией озёрных экосистем происходит снижение озёрного фонда. Рассматривая ближайшую перспективу, необходимо подчеркнуть, что при сохраняющемся характере природо- и водопользования экологическое состояние большинства озёрных экосистем центра и юга ЕЧР останется крайне неблагоприятным, а сокращение фонда естественных водоёмов продолжится.

Неблагоприятное экологическое состояние озёрных экосистем в настоящее время наблюдается также на юге АЧР. В сравнении с центром и югом ЕЧР, ситуация здесь в целом более благоприятная, однако она значительно ухудшается в годы низкой водности, когда большинство негативных процессов на озёрах резко обостряется. В этой связи на ухудшении существующей ситуации в данных регионах могут существенно сказаться климатические изменения. Кроме того, на юго-востоке АЧР следует ожидать существенного усиления транзитного загрязнения, приносимого с речным стоком, в том числе из-за границы.

Важнейшей проблемой является наблюдающееся ухудшение экологического состояния озёрных экосистем в пределах равнинных северных территорий России. Арктические озёрные экосистемы в силу своей упрощённости характеризуются повышенной чувствительностью к любым видам антропогенных нагрузок. Существующие планы активного освоения Арктики могут привести к существенному росту загрязнения северных озёр. Качество озёрных вод, часто используемых на севере для питьевого водоснабжения, может снизиться до столь опасного предела, что повлечёт увеличение заболеваемости местного населения.

Экологическое состояние крупнейших озёр России в ближайшие десятилетия будет определяться комплексом водоохранных мероприятий, проводимых в их бассейнах и их эф-

фективностью, и, при строгом соблюдении экологического законодательства, может быть даже улучшено.

Для сохранения озёрного фонда страны необходимо принятие целого ряда программ, среди которых, с учётом планов развития арктических регионов, особенно важной представляется программа, направленная на изучение механизмов функционирования северных озёрных экосистем и оценки их устойчивости к различным загрязнителям.

Разработанные подходы и полученные в ходе исследования результаты, представляют важнейшую основу для совместной оценки поверхностных водных ресурсов страны, включающей как речные, так и озёрные воды. Они могут быть применены для выявления происходящих с ними структурных изменений под действием природных и антропогенных факторов. Полученные в ходе исследования данные по озёрному фонду могут быть использованы государственными органами, занимающимися водохозяйственным планированием.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии

1. Румянцев В.А., Драбкова В.Г., **Измайлова А.В.** Великие озёра мира. 2012. С-Пб.: Лема, 372 с.
2. Румянцев В.А., Драбкова В.Г., **Измайлова А.В.** Озёра европейской части России. 2015. С-Пб.: Лема. 392 С.
3. Румянцев В.А., Драбкова В.Г., **Измайлова А.В.** Озёра азиатской части России. 2017. С-Пб.: Своё издательство. 480 С.
4. **Измайлова А.В.** Озёра России. Закономерности распределения, ресурсный потенциал. 2018. С-Пб.: Папирус. 288 С.

Статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий

5. Румянцев В.А., **Измайлова А.В.**, Ульянова Т.Ю. Информационная система “Озёра Земли” // Изв. РГО. т. 141, вып. 3, 2009. С. 8-14.
6. Румянцев В.А., Драбкова В.Г., **Измайлова А.В.** Большие озёра в условиях полярных и умеренных широт Земли // Изв. РГО. т. 142, вып. 3. 2010. С. 11-18.
7. Румянцев В.А., Драбкова В.Г., **Измайлова А.В.** Большие озёра Европы: ресурсный потенциал и экологические проблемы //Изв. РГО. т. 143, вып. 2. 2011. С. 1-14.
8. Драбкова В.Г., **Измайлова А.В.** Ресурсы озёр мира //География в школе. Часть I. №8. 2013. С. 20-23; Часть II. №9. 2013. С. 42-48.
9. **Измайлова А.В.**, Ульянова Т.Ю. Информационная система «Озёра России» // Водное хозяйство России. № 6. 2014. С. 21-28.
10. Румянцев В.А., Драбкова В.Г., **Измайлова А.В.** Крупнейшие озёра мира и перспективы их практического использования //Вестник РАН. Том 84, № 1. 2014. С. 41–51.
11. Драбкова В.Г., **Измайлова А.В.** Оценка изменения состояния вод крупнейших озёр и водохранилищ Российской Федерации // География и природные ресурсы. №4. 2014. С. 22-29.

12. **Измайлова А.В.** Критерии региональной оценки качества озёрных водных ресурсов // Общество. Среда. Развитие. № 4. 2015. С. 176-181.

13. **Измайлова А.В.** Озёрные водные ресурсы европейской части Российской Федерации // Водные ресурсы. 2016. том 43, № 2. С. 122-133.

14. **Измайлова А.В.** Водные ресурсы озёр Российской Федерации // География и природные ресурсы. 2016. №4. С. 5-14.

15. **Измайлова А.В.,** Румянцев В.А., Драбкова В.Г. Лимнологическая изученность европейской части России в свете современных проблем антропогенной модификации озёрных экосистем // Изв. РГО. Т. 149. Вып. 6. 2017. С. 1- 13.

16. **Измайлова А.В.** Водные ресурсы озёр российской части бассейна Северного Ледовитого Океана // Вопросы географии. № 142. 2016. С. 123-141.

17. **Измайлова А.В.** Озёрные водные ресурсы азиатской части Российской Федерации // Водные ресурсы. Т. 45, № 5. 2018. С. 453–462.

18. Румянцев В. А., **Измайлова А. В.,** Драбкова В. Г., Кондратьев С. А. Современное состояние и проблемы озёрного фонда европейской части России // Вестник РАН. Т. 88, № 6. 2018. С. 539 – 550.

19. Румянцев В.А., **Измайлова А.В.,** Крюков Л.Н. Состояние водных ресурсов озёр Арктической зоны Российской Федерации // Проблемы Арктики и Антарктики. Т. 64, № 1. 2018. С. 84 – 100.

20. **Измайлова А.В.** Водные ресурсы водоёмов Российской Федерации и тенденции их изменения, обусловленные антропогенными факторами // Вопросы географии. Гидрологические изменения. Вып. 145. 2018. С. 347–359.

Статьи в англоязычных изданиях (не имеющие аналогов на русском языке)

21. **Izmailova A.V.,** Rumyantsev V.A. Trophic status of the largest freshwater lakes in the world // Lakes and Reservoirs: Research and Management. 2016. 21. pp. 21–31.

22. Rumyantsev V., Kondratyev S., **Izmaylova A.** Russian Lakes: Geographical Classification // Encyclopedia of Lakes and Reservoirs. Ed. by Lars Bengtson, Reginald W. Herschy, Rhodes W. Fairbridge. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer Science+Business Media B.V. 2012. pp. 679-691.

23. **Izmailova A.V.** Contribution of the Limnology Institute of Russian Academy of Sciences to the development of information systems in limnology // Lakes: The Mirrors of the Earth Balancing Ecosystem Integrity and Human Wellbeing: Proc. of XV World Lakes Conference, Perugia 2014 pp. 176 – 180.

24. **Izmailova A.** The Lake Fund of Russian Federation, spatial heterogeneity and established trends // Proc. of 17th World Lake Conference. Lake Kasumigaura, Ibaraki. Japan, 2018. pp. 284 – 287.

Статьи в прочих изданиях

25. **Измайлова А.В.,** Кудерский Л.А. Влияние водопотребления на состояние озёрного фонда аридных зон // Тр. VI Гидр. Съезда. М.: Метеоагентство Росгидромета. Ч.2. Секция 3. 2008. С. 92–100.

26. Кудерский Л.А., **Измайлова А.В.** Озёра-водохранилища как самостоятельный тип антропогенных водных объектов // Тр. VI Гидр. Съезда. М.: Метеоагентство Росгидромета. Ч.2. Секция 3. 2008. С. 100-105.
27. **Измайлова А.В.** Проблемы изменения озёрного фонда в связи с возможными глобальными антропогенными изменениями климата // Нерешённые проблемы глобальной климатологии: матер. Всерос. конф., С-Пб. 2010. С. 28-31.
28. **Измайлова А.В.**, Драбкова В.Г. Оценка ресурсов озёрных вод России как одна из важнейших задач при разработке схем модернизации российской экономики // Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике: тр. Всерос. научной конф., Цимлянск. Новочеркасск: ЛИК. 2012. С. 69-75.
29. **Измайлова А.В.** Реки и озёра мира. Энциклопедия. М.: Изд-во Энциклопедия. 2012. (участие - 242 статьи, суммарно - 18 авт. листов).
30. **Измайлова А.В.**, Ульянова Т.Ю. Вклад ИНОЗ РАН в развитие информационных систем в лимнологии // Информатизация географических исследований и пространственное моделирование природных и социально-экономических систем. М.: Товар-во научных изданий КМК. 2013. С. 128-140.
31. **Измайлова А.В.** Озёрно-ресурсный потенциал Европейской части России, возможность его рационального использования // Водная стихия: опасности, возможности прогнозирования, управления и предотвращения угроз: Тр. Всерос. науч. конф., Краснодар. Новочеркасск: ЛИК. 2013. С. 444-451.
32. **Измайлова А.В.**, Корнеевская Н.Ю. Новая оценка озёрного фонда Российской Федерации: первые результаты // География: традиции и инновации в науке и образовании: Коллективная монография по матер. Межд. научно-практич. конф. LXVII Герценовские чтения. С-Пб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена. 2014. С. 232-235.
33. **Измайлова А.В.** Роль больших и малых озёр в развитии территорий на примере Прикаспийского региона // Географические проблемы региона Каспийского моря и изучение путей достижения устойчивого развития территорий. М.: Медиа-Пресс. 2015. С. 26-41.
34. **Измайлова А.В.** Водные ресурсы озёр Северо-Западного федерального округа: количественная и качественная оценка, перспективы использования // География: развитие науки и образования: Коллективная монография по матер. Межд. научно-практич. конф. LXVIII Герценовские чтения. С-Пб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена. 2015. С. 184-188.
35. **Измайлова А.В.** Вклад искусственных водоёмов в величину озёрных водных ресурсов Российской Федерации // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: сб. Межд. научно-практич. конф., Пермь. Том 1. 2015. С. 204-209.
36. **Измайлова А.В.**, Драбкова В.Г. Сравнительный анализ качества вод крупнейших озёр и водохранилищ Российской Федерации // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: сб. Межд. научно-практич. конф., Пермь. Том 2. 2015. С. 76-81.
37. **Измайлова А.В.** Водные ресурсы озёр Российской Федерации, результаты проведённой оценки, новые задачи и пути их решения // Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.»: сб. Всерос. научн. конф., Петрозаводск. 2015. Том 1. С. 420-427.

38. **Измайлова А.В.** Изменения водного фонда центра и юга европейской территории России за последние полстолетия // *Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: сб. научн. конф. с междуна. участием*, Москва. 2015. С. 286-290.
39. **Измайлова А.В., Драбкова В.Г.** Проблемы качества озёрных водных ресурсов европейской части России // *Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: сб. научн. конф. с междуна. участием*, Москва. 2015. С. 409-413.
40. **Измайлова А.В.** Динамика изменения качества воды крупнейших пресноводных озёр Российской Федерации // *Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: сб. научн. конф. с междуна. участием*, Ростов-на-Дону. 2015. Часть 1, С. 221-226.
41. **Измайлова А.В., Корнеев Н.Ю.** Результаты новой оценки озёрных водных ресурсов России // *География: развитие науки и образования: Коллективная монография по матер. Межд. научно-практич. конф. LXIX Герценовские чтения*. С-Пб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена. 2016. С. 274-278.
42. **Измайлова А.В., Драбкова В.Г.** Проблемы лимнологической изученности Российской Федерации в свете нарастающего антропогенного воздействия на водные ресурсы // *Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Мат. V Межд. научной конференции*. Минск: Изд. центр БГУ. 2016. С. 75-77.
43. **Измайлова А.В.** Современное состояние озёрного фонда европейской части России // *Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Мат. V Межд. научной конференции*. Минск: Изд. центр БГУ. 2016. С. 364-365.
44. **Измайлова А.В.** Экологическое состояние озёрных экосистем европейской и азиатской частей России: общие проблемы, разные решения / *Запад и Восток: пространственное развитие природных и социальных систем: Мат. Межд. научно-практич. конф.*, Улан-Удэ. 2016. С. 151-156.
45. **Измайлова А.В.** Изменение трофического статуса водных масс, содержащихся в крупнейших озёрах мира, с середины прошлого века по настоящее время // *Мат. Всерос. конф. по крупным внутренним водоёмам*. СПб.: «Лема», 2016. С. 168-174.
46. **Измайлова А.В.** Оценка пространственной и временной неоднородности водных ресурсов озёр Российской Федерации // *Водные ресурсы: Новые вызовы и пути решения: Мат. Всерос. конф. с междуна. участием*, Сочи. Новочеркасск: Лик, 2017. С. 192-199.
47. **Измайлова А.В.** Современное состояние озёрного фонда азиатской части России // *Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Мат. Всерос. конф.*, Барнаул. 2017. Том 1. С. 100-113.
48. **Измайлова А. В.** Пространственная неоднородность озёрно-ресурсного потенциала России и основные тенденции изменений озёрного фонда // *Озёра Евразии: проблемы и пути их решения* : Мат. I Междуна. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2017. С. 60-66.
49. **Измайлова А.В., Корнеев Н.Ю.** Экологическое картографирование водных ресурсов озёр России как возможность визуализации данных по количественным и качественным характеристикам // *Водные ресурсы: Новые вызовы и пути решения: Мат. Всерос. конф. с междуна. участием*, Сочи. Новочеркасск: Лик, 2017. С. 363-368.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Глава 1. Понятие водных ресурсов озёр и история их оценки

1.1. Водные ресурсы озёр как составляющая мировых водных ресурсов

1.2. Основные определения, используемые при характеристике озёрного фонда

1.3. История оценки озёрного фонда России. Существующие подходы к количественной оценке водных ресурсов озёр

Глава 2. Методические подходы к оценке водных ресурсов озёр

2.1. Методика количественной оценки водных ресурсов озёр Российской Федерации

2.2. Критерии региональной оценки качества водных ресурсов озёр

Глава 3. Количественная оценка водных ресурсов озёр Российской Федерации и распределение озёр по территории

3.1. Водные ресурсы озёр России по субъектам федерации

3.2. Водные ресурсы озёр, рассчитанные по озёрным регионам; распределение озёр по территории Российской Федерации

3.3. Водные ресурсы озёр Российской Федерации по океаническим бассейнам

3.4. Сравнение полученных результатов с оценками, проведёнными ранее

3.5. Количественные изменения озёрного фонда Российской Федерации

Глава 4. Количественные показатели озёрного фонда РФ, позволяющие проводить водохозяйственное планирование

4.1. Факторы, определяющие количественные показатели озёрного фонда

4.1.1. Озёрность Российской Федерации

4.1.2. Густота озёрной сети в пределах Российской Федерации

4.1.3. Зависимость озёрных водных ресурсов от количества водоёмов и озёрности территории

4.2. Согласованность центров размещения населения и хозяйственного развития с озёрным фондом Российской Федерации

4.2.1. Пространственная неоднородность озёрно-ресурсного потенциала России и её детерминированность антропогенным фактором

4.2.2. Водообеспеченность Российской Федерации

4.2.3. Водные ресурсы озёр регионов водного дефицита

Глава 5. Экологическое состояние водных ресурсов озёр Российской Федерации

5.1. Лимнологическая изученность Российской Федерации

5.1.1. Предыстория изучения озёр России

5.1.2. Современная лимнологическая изученность Российской Федерации

5.2. Основные экологические проблемы озёрных экосистем

5.3. Изменения, происходившие с озёрным фондом Российской Федерации за последние столетия

5.4. Современное экологическое состояние водных ресурсов озёр Российской Федерации

5.5. Потенциальные изменения экологического состояния водных ресурсов озёр с учётом особенностей социально-экономического развития регионов

Заключение

Литература

Список сокращений

Приложения