

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт озерадения Российской академии наук**

На правах рукописи

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»

Диссертация на соискание учёной степени
доктора географических наук

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

Санкт-Петербург – 2019

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Понятие водных ресурсов озёр и водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов и история их оценки.....	15
1.1. <i>Водные ресурсы озёр и водохранилищ как составляющая мировых водных ресурсов</i>	15
1.2. <i>Основные определения, используемые при характеристике фонда естественных и искусственных водоёмов</i>	18
1.3. <i>История оценки озёрного фонда России. Существующие подходы к количественной оценке водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов</i>	21
Глава 2. Методические подходы к оценке водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов.....	28
2.1. <i>Методика количественной оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации</i>	29
2.2. <i>Критерии региональной оценки качества водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов</i>	38
Глава 3. Количественная оценка водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации и распределение озёр по территории.....	46
3.1. <i>Водные ресурсы естественных и искусственных водоёмов России по субъектам федерации</i>	48
3.2. <i>Водные ресурсы озёр, рассчитанные по озёрным регионам; распределение озёр по территории Российской Федерации</i>	66
3.3. <i>Водные ресурсы естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации по океаническим бассейнам</i>	112
3.4. <i>Сравнение полученных результатов с оценками, проведёнными ранее</i>	115
3.5. <i>Количественные изменения озёрного фонда Российской Федерации</i>	117
Глава 4. Количественные показатели фонда естественных и искусственных водоёмов РФ, позволяющие проводить водохозяйственное планирование	124
4.1. <i>Факторы, определяющие количественные показатели озёрного фонда</i>	124
4.1.1. <i>Озёрность Российской Федерации</i>	124
4.1.2. <i>Густота озёрной сети в пределах Российской Федерации</i>	136

4.1.3. Зависимость озёрных водных ресурсов от количества водоёмов и озёрности территории.....	139
4.2. Согласованность центров размещения населения и хозяйственного развития с фондом естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации.....	142
4.2.1. Пространственная неоднородность озёрно-ресурсного потенциала России и её детерминированность антропогенным фактором.....	142
4.2.2. Водообеспеченность Российской Федерации.....	150
4.2.3. Водные ресурсы естественных и искусственных водоёмов регионов водного дефицита.....	177
Глава 5. Экологическое состояние водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации.....	184
5.1. Лимнологическая изученность Российской Федерации.....	184
5.1.1. Предыстория изучения озёр России.....	184
5.1.2. Современная лимнологическая изученность Российской Федерации.....	190
5.2. Основные экологические проблемы озёрных экосистем.....	197
5.3. Изменения, происходившие с озёрным фондом Российской Федерации за последние столетия.....	200
5.4. Современное экологическое состояние водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации.....	214
5.5. Потенциальные изменения экологического состояния водных ресурсов озёр с учётом особенностей социально-экономического развития регионов.....	231
Заключение.....	244
Список сокращений.....	248
Литература.....	252
Приложения.....	279
<i>Приложение 1. Сводная таблица о характере данных, использованных при расчёте водных ресурсов озёр Российской Федерации.....</i>	<i>279</i>
<i>Приложение 2. Сводная таблица результатов оценки озёрного фонда по субъектам Российской Федерации.....</i>	<i>285</i>

Введение

Актуальность проблемы

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.

Водные ресурсы Земли включают все воды гидросферы, находящиеся 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. Исторически сложилось, что в большинстве стран мира, в том числе и в России, прежде всего, оцениваются величины быстро 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 их вод в суммарных водных ресурсах очень велика.

По мере ускорения технического прогресса озёрные воды всё более интенсивно эксплуатируются, что отражается как на их качестве, так и на объёмах. В силу своей замедленной возобновляемости, запасы озёрных вод оказываются более чувствительными к нарушениям естественного гидрологического цикла, вызываемым активизацией антропогенной деятельности. Существенные изменения площадей водоёмов, 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 РФ.

На государственном уровне последние работы по определению количества озёр проводились ещё в период существования СССР в 1960-е гг. на основе вышедших к этому времени крупномасштабных карт. В обобщающей работе [Доманицкий и др., 1971] было приведено количество водоёмов и рассчитаны площади озёрной поверхности по 22 озёрным районам, выделенным авторами на территории СССР. Данный труд был основан на результатах кадастровой оценки озёр, выполненной управлениями Гидрометслужбы СССР под научным руководством

Государственного гидрологического института. После распада СССР, новых полномасштабных оценок озёрного фонда не проводилось, и интересы Госкомгидромета прежде всего ограничивались оценками ресурсов речного стока. Даже вышедшая в 2008 году монография «Водные ресурсы России» [Водные..., 2008] в главе «Озёра» приводит данные инвентаризации, проведённой в 60-70-е гг. прошлого века. Наиболее используемыми данными до сих пор остаются площади водоёмов, приведённые в своё время во втором издании Водного кадастра [Государственный..., 1969-1978], положенные и в основу Государственного водного реестра [Государственный..., 2007], работа над которым проводилась согласно постановлению Правительства РФ № 253 от 28.04.2007 года. Между тем, в связи с произошедшими за последние полстолетия изменениями водного фонда, данные, приведённые во втором издании Водного кадастра, требуют уточнения, тем более, что современная электронная картография позволяет провести оценку площадей водоёмов менее трудоёмко и с большей точностью, особенно для северной и восточной частей страны, по которым в середине прошлого века отсутствовало сплошное покрытие картами крупного масштаба. Уточнённые данные по площадям озёр позволяют, в свою очередь, провести оценку водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов страны, причём как на федеральном, так и на региональном уровнях, преодолев тем самым существенный разрыв между имеющимися сведениями по быстро возобновляемым водным ресурсам и запасами воды в поверхностных объектах, характеризующихся замедленным водообменом.

Наряду с количественными показателями, значительный интерес при водохозяйственном планировании представляет информация по качественным характеристикам водного фонда естественных и искусственных водоёмов, а также сведения об их экологическом состоянии, позволяющие получить полную 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 оценки качества водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, позволяющей охарактеризовать качество вод конкретных территорий, требует самостоятельного рассмотрения. Прежде всего он предполагает обобщение уже накопленной многоплановой лимнологической информации по озёрам и водохранилищам страны, а также разработку критериев, позволяющих производить оценку качества вод применительно не к отдельным водным объектам, а к территориям.

Определение как количественных, так и качественных показателей современного состояния фонда естественных и искусственных водоёмов страны и анализ процессов, произошедших с ним за период активного антропогенного влияния на озёрные экосистемы, позволяет оценить динамику изменений озёрного фонда и выявить, с учётом особенностей социально-экономического развития регионов, основные тенденции его дальнейших изменений.

Теоретико-методологические основы исследования и степень изученности вопроса

Настоящая диссертация представляет собой цельную, завершённую работу, посвящённую вопросам оценки фонда естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации, предоставляющую данные о современном состоянии водных ресурсов озёр и водохранилищ и закономерностях распределения озёр по территории страны.

Вопросами оценок возобновляемых водных ресурсов суши диссертант занимался на протяжении 13 лет работы в Государственном гидрологическом институте (1987-2001). За это время под руководством ведущих специалистов ГГИ в области водных ресурсов и водопользования он участвовал в оценке возобновляемых водных ресурсов как ряда 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» [World..., 2003]. Оценке водных ресурсов, водопотребления и водообеспеченности Североамериканского континента была посвящена его кандидатская диссертация. В дальнейшем, уже в период работы в Институте озероведения РАН (с 2001 года по настоящее время), полученные знания были применены им при разработке методологии оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов. Оценке предшествовала длительная предварительная работа по составлению Информационной базы по озёрам страны.

Достоверность представленной работы определяется тем, что она основана на новых аналитических подходах, опирается на современный статистический аппарат и использует актуальные 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.

В основе проведённого исследования лежит 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 и анализ много-

плановой научной литературы, посвящённой различным аспектам лимнологических исследований, описывающей разнообразные процессы, происходящие в водных экосистемах. Небольшим авторским коллективом, включающим диссертанта и двух ведущих учёных ИНОЗ РАН – акад., д.г.н. В.А. Румянцева и д.г.н., г.н.с. В.Г. Драбкову, при подготовке серии монографий по озёрам России было проанализировано несколько тысяч научных работ отечественных учёных, посвящённых различным аспектам лимнологических исследований.

Информационная база исследования

1. Данные по морфометрическим характеристикам озёр и водохранилищ, полученные Госкомгидрометом и включённые в Государственный водный кадастр и Государственный водный реестр;
2. Литературные 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 по ряду регионов России за конец XX – начало XXI века;
5. Картографический материал, включающий карты среднего и крупного масштаба по регионам России, построенные в середине и второй половине XX века;
6. Данные Информационной базы по мировым озёрам Worldlake, собранной С.В. Рянжиным и Н.В. Кочковым;
7. Данные Государственного гидрологического института по возобновляемым водным ресурсам, собранные в обобщающей монографии «Водные ресурсы России и их использование» [Водные..., 2008];
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 Российской Федерации и величине валового регионального продукта;
10. Официальные данные (федеральные и региональные законы, концепции, целевые программы и стратегические проекты) по планам экономического развития регионов России.

Объектом исследования явились естественные и искусственные водоёмы Российской Федерации (озёра, водохранилища, пруды, обводнённые карьеры, малые водоёмы естественного и искусственного 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 озёрными 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 диссертации 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.

Защищаемые положения

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

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.

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

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

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.

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.

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 слабо зависит от климатических характе-

ристик 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 озёрах 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 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

Теоретическая значимость проведённого 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 к важнейшему ресурсу, характеризующемуся замедленным водообменом и потому более чувствительному к любым 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 комплексная оценка водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации позволяет получить современные данные о состоянии водных ре-

сурсов страны, их распределении, а также происходящих с ними структурных изменениях, что является основой для определения возможностей их рационального использования и сохранения.

Полученные в работе характеристики озёрного фонда и выявленные закономерности его распределения могут быть использованы широким кругом специалистов в области лимнологии, 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 как в рамках научно-исследовательских работ Института озероведения РАН, так и в рамках серии проектов по Программам Президиума Российской академии наук. В рамках Программ Президиума РАН они позволили более масштабно оценить водно-ресурсный потенциал страны, который не только 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). Материалы работы были использованы при подготовке серии научных монографий по озёрам (на настоящей 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. Румянцева В.А. и д.б.н., г.н.с. РАН Драбкову В.Г. Одна монография (объёмом 30 п.л.) 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» [Реки..., 2012], «Encyclopedia of Lakes and Reservoirs» [Rumyantsev et al., 2012] издательства Springer и научную электронную энциклопедию «Вода России» [Вода...]. Часть материалов представлена в созданной на сайте Института озероведения РАН ИС «Озёра России».

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

Международных: Конференция "Экологическое состояние континентальных водоёмов Арктической зоны в связи с промышленным освоением северных территорий", Архангельск. 2005; 13-th World Lakes Conference «Rehabilitate the Lake Ecosystem: Global Challenges and the Chinese Innovations», Wuhan (China), 2009; IV Научная Конференция «Озёрные экосистемы:

биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды», Минск – Нарочь (Беларусь), 2011; Выездная сессия Объединённого научного совета по фундаментальным географическим проблемам при Международной ассоциации академий наук и Научного совета по фундаментальным географическим проблемам РАН «Информатизация географических исследований и пространственное моделирование природных и социально-экономических систем», Алушта (Украина), 2012; 3-rd European Large Lakes Symposium (ELLS 2012), University of Konstanz (Germany), 2012; LXVII Герценовские чтения, посвящ. 110-летию со дня рожд. А. М. Архангельского, Санкт-Петербург, 2014; Совместная сессия Объединённого научного совета по фундаментальным географическим проблемам при Международной ассоциации академий наук (МААН) и Научного совета по фундаментальным географическим проблемам РАН «Географические проблемы региона Каспийского моря и изучение путей достижения устойчивого развития территорий», Баку (Азербайджан), 2014; 15-th World Lakes Conference «Lakes, the mirrors of the earth: Balancing ecosystem integrity and human wellbeing», Perugia (Italy), 2014; LXVIII Герценовские чтения, посвящённые 70-летию создания ЮНЕСКО. Санкт-Петербург, 2015; Конференция «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов». Пермь, 2015; LXIX Герценовские чтения, посвящённые 115-летию со дня рождения С.В. Калесника, Санкт-Петербург, 2016; V Международная научная конференция «Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды», Минск-Нарочь (Беларусь), 2016; Международная научно-практическая конференция «Запад и Восток: пространственное развитие природных и социальных систем», Улан-Удэ, 2016; LXX Герценовские чтения, посвящённые году экологии в России, 220-летию Герценовского университета, 85-летию факультета географии и кафедры физической географии и природопользования, 145-летию со дня рождения профессора Владимира Петровича Буданова. Санкт Петербург, 2017; I международная конференция «Озера Евразии: проблемы и пути их решения», Петрозаводск, 2017; LXXI Герценовские чтения «География: развитие науки и образования», Санкт-Петербург, 2018; 5-rd European Large Lakes Symposium «Big Lakes - Small World» (ELLS 2018), Evian (France), 2018; 17-th World Lakes Conference «Harmonious Coexistence of Humans and Lakes -Toward Sustainable Ecosystem Services», Lake Kasamigaura, Ibaraki (Japan), 2018; II международная конференция «Озера Евразии: проблемы и пути их решения», Казань, 2019; Совместная сессия Объединённого научного совета по фундаментальным географическим проблемам при Международной ассоциации академий наук (МААН) и Научного совета по фундаментальным географическим проблемам РАН на тему «Эколого-географические проблемы перехода к зелёной экономике в странах и регионах СНГ», Гродно (Беларусь), 2019.

Всероссийских: VI Всероссийский Гидрологический Съезд, Санкт-Петербург, 2004; «Теория и практика восстановления внутренних водоёмов», Санкт-Петербург, 2007; «Нерешённые

проблемы глобальной климатологии» Санкт-Петербург, 2010; «Современные информационные технологии для фундаментальных научных исследований РАН в области наук о Земле», Владивосток, 2010; «Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике», Цимлянск, 2012; VII Всероссийский гидрологический съезд, Санкт-Петербург, 2013; «Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.», Петрозаводск, 2015; «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов», Москва, 2015; Всероссийской 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», посвящённая Году экологии в России, 50-летию Института водных проблем РАН. 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» (2013-2019 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) (соавторы по всем трём темам – акад. Румянцев В.А., к.г.н. Измайлова А.В.).

Личный вклад автора

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 пересекается с четвёртой монографией по озёрам, авторство которой полностью принадлежит диссертанту.

Академик РАН, доктор географических наук, научный руководитель ИНОЗ РАН Румянцев Владислав Александрович являлся научным консультантом диссертанта по вопросам географии. Доктор биологических наук, главный научный сотрудник ИНОЗ РАН В.Г. Драбкова консультировала автора по вопросам биологии и экологии.

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 списка литературы – 278 страниц). Список источников насчитывает 407 наименований, в том числе 32 – на иностранных языках.

Глава 1. Понятие водных ресурсов озёр и водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов и история их оценки

1.1. Водные ресурсы озёр и водохранилищ как составляющая мировых водных ресурсов

Водными ресурсами принято называть «совокупность всех поверхностных и подземных вод, находящихся в водных объектах планеты Земля, которые уже используются или могут быть использованы» [Водные ресурсы..., 2008]. Согласно данным, опубликованным в последней монографии по Мировым водным ресурсам [World..., 2003], суммарный объём вод гидросферы оценивается в 1 386 000 000 км³. Более 96.5% мировых водных ресурсов заключено в Мировом океане и характеризуется повышенной минерализацией. На пресные воды приходится лишь 35 029 200 км³ воды или около 2.5% от мировых водных ресурсов. Более 2/3 от суммарного объёма пресных вод содержится в твёрдом состоянии (воды ледников и вечных снегов), очень небольшая часть – в газообразном (водяной пар). Суммарный объём поверхностных вод суши, пребывающих в жидком состоянии, не превышает 200 000 км³ – это воды рек, озёр (в том числе и высоко минерализованных), водохранилищ, каналов и заболоченных территорий [World..., 2003]. Именно поверхностные воды суши в силу их лёгкой доступности являются наиболее используемой частью Мировых водных ресурсов, что определяет повышенный интерес к их количественным и качественным характеристикам.

Для региональной характеристики водных ресурсов используют два понятия: статические запасы пресной воды и возобновляемые водные ресурсы. Несмотря на тесную связь между собой в результате гидрологического цикла, эти два вида ресурсов резко различаются по продолжительности периода полного возобновления. «Интегральной характеристикой возобновляемых водных ресурсов является речной сток с его подземной составляющей» [Водные ресурсы..., 2008]. Благодаря круговороту воды в природе в течение года происходит его многократное возобновление, что позволяет без сильных потерь изымать некоторую часть стока на различные хозяйственные нужды. К статическим запасам относятся воды озёр, водохранилищ, морей и океанов, подземные воды, почвенная влага, воды (льды) горных и полярных ледников. Интенсивное использование статических запасов неизбежно приводит к истощению и неблагоприятным экологическим последствиям, тем большим, чем меньше их суммарный объём и чем дольше период возобновления.

До недавнего времени большинство водохозяйственных проблем прежде всего решалось за счёт изъятия речного стока, благодаря чему оценке возобновляемых водных ресурсов уделя-

лось повышенное внимание как в нашей стране, так и за рубежом [Зайков и др., 1937, Зайков, 1946, Соколов, 1952, Воскресенский К.П., 1962, Ресурсы..., 1964 – 1973, Водные..., 1967, Львович, 1974, Мировой..., 1974, Baumgartner, Reichel, 1975, Бабкин, Воскресенский, 1977, Кучмент, 1980, Бабкин, Вуглинский, 1982, Вуглинский, 1991, Water..., 1993, World..., 2003, Водные..., 2008 и мн. др.]. Однако, по мере интенсификации хозяйственной деятельности, объёмы использования статических запасов пресной воды, и прежде всего наиболее легко доступных из них – озёрных, постепенно нарастают. В связи с этим в настоящее время возникла настоятельная необходимость более внимательного отношения к количественным характеристикам водных ресурсов водоёмов замедленного водообмена, оценки которых пока выполняются весьма приближённо. Подтверждением этого служат и существенно различающиеся данные по суммарным объёмам вод, содержащихся во всех водоёмах Земли, приводимые различными авторами (таблица 1.1).

Таблица 1.1. Оценки объёмов вод, содержащихся в озёрах Земли

Источник	Суммарный объем вод в озёрах Земли, км ³	В % от последней из приводимых опубликованных оценок (Рянжин, 2005)	Объем вод пресных озёр, км ³	Объем вод солёных озёр, км ³
Nace R.L., 1969	230 000	128	–	–
Львович М.И., 1974	275 000	153	–	–
Tamrazyan G.P., 1974	166 000	92	–	–
Wetzel R.G., 1983	229 000	128	125 000	104 000
Лосев К.С., 1989	280 000 (180 000 – 750 000)	156 (100-417)	–	–
Meуbeck M., 1995	179 000	99.7	–	–
World Water..., 2003 (ed. Shiklomanov & Rodda)	176 400	98	91 000	85 400
Рянжин С.В., 2005	179 600	100	–	–

При разделении вод на пресные и солёные, оценки суммарного водозапаса озёр мира ещё менее точны. Так, согласно оценке И.А. Шикломанова [World..., 2003] объём пресных озёрных вод составляет всего 91 000 км³, тогда как только в 100 наиболее крупных озёрах, объёмы которых определены достаточно точно, сконцентрировано около 95 000 км³ воды. В то же время R. Wetzel [Wetzel, 1983] явно завышает объёмы как пресных, так и солёных озёрных вод, о чём свидетельствует сравнение приводимых им величин с более поздними оценками М. Меубек [Meуbeck, 1995], И.А. Шикломанова [World..., 2003], С.В. Рянжина [2005, а, б]. К сожалению, новейшие работы, основанные на использовании спутниковой информации и новых аналитических подходов [Downing et al., 2006, Verpoorter et al., 2014 и др.], уточняют данные только по количеству водоёмов и суммарным площадям водной поверхности. При этом каждая новая работа содержит и новые уточнения по отношению к предшествующим. Основной фундамен-

тальный вопрос «сколько в мире озёр», пока ещё не решён, вслед за ним продолжает стоять на очереди и вопрос об уточнении объёмов озёрных вод Земли.

Вопрос о количественных характеристиках фонда естественных и искусственных водоёмов крайне актуален и для Российской Федерации, обладающей огромным количеством озёр и водохранилищ, в том числе с большими водозапасами. Необходимо отметить, что несмотря на тот факт, что по суммарным величинам водных ресурсов Российская Федерация считается одной из наиболее обеспеченных стран мира, в том числе благодаря значительным запасам озёрных вод, реальная обеспеченность водными ресурсами жителей различных её регионов сильно отличается. К сегодняшнему дню проблемы с водообеспечением в той или иной степени проявляются уже на значительной части территории Российской Федерации. Согласно данным Атласа мирового водного баланса [Атлас..., 1974], почти 1/5 её площади занимает зона недостаточного увлажнения, характеризующаяся либо ограниченностью водных ресурсов, либо их естественным дефицитом. В её пределах на сегодняшний день проживает более 40 % населения страны. Дефицит водных ресурсов наблюдается также в центральной части ЕЧР, характеризующейся как повышенной плотностью населения, так и высокой концентрацией промышленного производства при преобладающем развитии отраслей обрабатывающей промышленности. В то же время высокими значениями водных ресурсов характеризуются северные регионы, обладающие большими запасами минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, и остающиеся наименее заселёнными и слабо освоенными территориями.

Необходимо признать, что 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 то же время, 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. Потери озёрного фонда происходят как за счёт антропогенных факторов (гидростроительства, мелиоративных работ и др.), так и благодаря климатическим изменениям, в том числе обусловленным антропогенными модификациями климата. Согласно приближённой оценке [Измайлова, Кудерский, 2008] суммарный объём вод, содержащихся только в больших озёрах Земли, за последние полстолетия сократился более чем на 1000 км³. И это без учёта качественных изменений, приведших к засолению, закислению и токсическому загрязнению значительной части озёрного фонда.

1.2. Основные определения, используемые при характеристике фонда естественных и искусственных водоёмов

В связи с усиливающейся по мере антропогенного развития ролью озёрных вод в обеспечении различных отраслей экономики, актуальность новой оценки озёрно-ресурсного потенциала страны, бесспорна. Однако, прежде чем перейти к обзору методик оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, необходимо уточнить ряд дефиниций.

Как уже указывалось, в гидрологической литературе основное внимание уделяется возобновляемым водным ресурсам (речному стоку), что обуславливает и чёткость всех связанных с этим определений, в то же время из-за недостаточного внимания к оценкам объёмов озёрных вод страны, при их суммировании могут использоваться как термин «запасы», так и термин «ресурсы». В этой связи необходимо вернуться к смысловым особенностям, вкладываемым в оба этих слова. Согласно трактовкам толкового словаря, *«запасами»* называют «предметы», находящиеся на хранении, в целях дальнейшего использования, а *«ресурсом»* – запас, источник чего-либо, используемый при необходимости (благодаря целевой деятельности человека). При этом если понятие запасов подразумевает лишь потенциальную возможность использования чего-либо, то понятие ресурсов предусматривает завершённость данного действия, а кроме того возобновляемость рассматриваемых «предметов». В этой связи с учётом возрастающего использования озёрных вод для различных целей представляется, что термин «ресурсы» к ним более применим, тогда как термин «запасы» более подходит, например, к водам ледников и вечных снегов, находящимся в твёрдом агрегатном состоянии. Закрепление по отношению к озёрным водам термина «ресурсы» позволяет ожидать более тщательного учёта их объёмов и качества, и предполагает усиление внимания не только к крупнейшим озёрам, исследования которых бесспорно проходит на должном уровне, но и ко всему озёрному фонду Российской Федерации. Это особенно важно в условиях, когда количество крупных озёр в стране не так велико и многие регионы практически безотчётно используют ресурсы любых озёр, независимо от масштабов их деградации. Понимание, что озёрные воды являются крайне уязвимым ресурсом позволит добиться более рационального подхода к их использованию.

Определение понятий «фонд естественных и искусственных водоёмов» и «водные ресурсы естественных и искусственных водоёмов» требует предварительного уточнения и таких понятий как «водоём» и «озеро». *«Водоёмом»* принято считать постоянное или временное скопление стоячей или со сниженным стоком воды в естественных или искусственных впадинах (озёра, водохранилища, пруды, карьеры, котлованы и др). В широком смысле, водоёмами могут быть названы моря и океаны. *«Озером»* в свою очередь называется котловина или впадина зем-

ной поверхности, заполненная или периодически заполняемая водой, не имеющая непосредственной связи с океаном, и характеризующаяся замедленным водообменом [Румянцев и др., 2015]. Иногда уточняется, что эта впадина должна иметь естественное происхождение. Озёра образуются в том случае, когда приток вод в котловину превосходит потери воды на испарение, фильтрацию и отток. От луж и небольших естественных водоёмов озёра отличаются бóльшими размерами. Однако на сегодняшний день в лимнологии продолжает сохраняться неясность в определении размеров водоёма, выше которого он становится озером. Некоторые лимнологи предлагают называть озёрами водоёмы, на которых начинается ветровое волнение в прибрежной зоне или на которых ветер приводит к возникновению турбулентных потоков, играющих основную роль в перемешивании водной колонки. Однако огромным недостатком такого подхода является отсутствие чётких размерных характеристик, позволяющих выделить озёра из общей массы небольших водоёмов. Более простым представляется выделение озёр согласно площади их водной поверхности, превышающей некую величину. Среди англоязычных авторов выдвигались предложения называть озёрами водоёмы, превышающие 2 или 40 га [Elton, Miller, 1954, Moss et al., 1996, Williams et al., 2004 и др.], также предлагались цифры 5 и 8 га. Отечественные и ряд восточно-европейских лимнологов предлагают называть озёрами водоёмы, превышающие 1 га [Доманицкий и др., 1971, Рянжин, 2005, б]. Придерживаясь точки зрения отечественных лимнологов, в рамках представленной работы мы будем называть «**озёрами**» водоёмы с площадью, превышающей 1 гектар. В то же время, многочисленные водоёмы меньшего размера, которые представляется возможным дешифрировать на современных спутниковых снимках и учёт которых крайне важен при ряде региональных оценок, мы на страницах данной диссертационной работы будем называть «**естественными водоёмами малого размера**». Как уже указывалось, озёра относятся к водоёмам с замедленным водообменом, в зависимости от их размера и природно-климатических условий период полного водообмена для различных озёр может составлять от нескольких дней до нескольких сот лет (в Байкале водообмен происходит более чем за 350-летний период).

Наряду с водоёмами естественного происхождения благодаря целенаправленной деятельности человека было создано огромное число **искусственных водоёмов** различного размера – от небольших прудов и обводнённых карьеров, некоторые из которых не превышают 1 гектара, до крупнейших водохранилищ. Часто такие водоёмы называют «**искусственными озёрами**». Согласно определению К.К. Эдельштейна – «**Водохранилище** – это природно-техогенный водоём, созданный для накопления воды и регулирования стока» [Эдельштейн, 2014]. **Пруды** создаются для накопления воды, но, в отличие от водохранилищ, не служат для активного регулирования стока, их площадь водной поверхности обычно не превышает 1 км², а суммарный объём воды составляет менее 1 млн. м³. **Обводнённые карьеры** представляют собой выкопан-

ный котлован, карьер, чаще всего возникающий в результате недропользования, добычи полезных ископаемых открытым способом, впоследствии наполненный грунтовыми или поверхностными водами. Пруды и обводнённые карьеры, как и многие естественные водоёмы малого размера, могут характеризоваться относительно быстрой возобновляемостью их водных ресурсов, порой составляющей от недель до нескольких месяцев. Водохранилища, особенно небольшие, часто являются проточными, значительная часть поступающих вод притока проходит через них транзитом.

В отличие от прудов и обводнённых карьеров, создаваемых с давних времён, первые водохранилища в России (изначально небольшого объёма) появились на рубеже XXVII и XXVIII вв. Прежде всего водохранилища строились на Урале, в Карелии и в Центральном районе (Невьянское, Алапаевское, Лососевское, Машезерское, водохранилища Вышневолоцкой водной системы). В течение XVIII и XIX вв. они продолжали создаваться с целью сезонного регулирования речного стока при горнорудных предприятиях, металлообрабатывающих, лесопильных заводах и прядильно-ткацких фабриках. Широкомасштабное строительство водохранилищ началось уже в XX веке, на протяжении которого появились крупнейшие водохранилища с объёмами воды более 1 км³. Параллельно происходило создание огромного числа прудов рыбоводческого и сельскохозяйственного назначения, а также обводнённых карьеров. В отличие от водохранилищ, имеющих чёткий подпор воды, пруды часто характеризуются свободной формой, обычно не отличимой от формы естественного озёра. Свободной формой обычно характеризуются и обводнённые карьеры. В результате без архивной информации или проведения специальных исследований определить, имеет ли конкретный водоём небольшого размера естественное или искусственное происхождение бывает не просто даже при работе на нём, тем более это сложно при использовании картографических или спутниковых изображений, являющихся основой при оценках фонда естественных и искусственных водоёмов. В связи с этим процент искусственных водоёмов малого размера для территорий активного хозяйственного использования порой определяется весьма приближённо.

Для количественной оценки фонда естественных и искусственных водоёмов страны необходимо иметь информацию как о естественных (озёрах и природных водоёмах не превышающих площади 1 га), так и искусственных водоёмах (водохранилищах, прудах, обводнённых карьерах), а также о суммарных площадях их водной поверхности и объёмах содержащихся вод. Характеристикой, используемой для отражения площадей, которые на какой-либо территории суши занимают водные объекты, является озёрность. Согласно классическому определению, предлагаемому в Географическом словаре, «*озёрность* называется отношение суммы водной поверхности всех озёр, прудов и водохранилищ к площади суши данного бассейна, области или другого географического региона, выраженное в процентах» [Пармузин, Карпов, 1994]. Приме-

нительно к гидрологическим расчётам, в которых озёрность, прежде всего выступает как показатель степени зарегулированности речного стока, данное определение абсолютно оправдано. Чем больше озёрность, тем сильнее естественная зарегулированность стока, проявляющаяся в уменьшении внутригодовых и межгодовых колебаний уровня и расхода воды. Однако часто бывает необходимым выделять *«природную (естественную) озёрность»*, то есть отношение к площади региона суммарной водной поверхности лишь водоёмов естественного происхождения. Природная озёрность представляет интерес для лимнологических исследований, также её величина необходима при анализе водного фонда страны и происходящих с ним изменений.

Таким образом, для характеристики какого-либо региона нами будут приводиться значения *суммарной площади водной поверхности* всех водоёмов или *озёрности (общей озёрности)* как её удельного показателя, а также *суммарной площади водной поверхности водоёмов естественного происхождения* или *природной (естественной) озёрности*. По аналогии, при расчёте *водных ресурсов озёр* мы будем учитывать объёмы воды, содержащейся во всех водоёмах, характеризующихся замедленным водообменом, в то же время выделяя *водные ресурсы водоёмов естественного происхождения*, которые будут учитывать суммарный объём воды лишь водоёмов естественного происхождения – собственно озёр и водоёмов малого размера (не превышающего 1 га). При необходимости, с целью пояснения будут введены уточнения – *суммарные водные ресурсы всех естественных и искусственных водоёмов*.

Данные по количеству водных объектов, суммарным площадям водной поверхности (или озёрности как их удельного показателя) и водным ресурсам озёр будут характеризовать *фонд естественных и искусственных водоёмов* страны. Объективные данные о современном состоянии фонда естественных и искусственных водоёмов, его количественных характеристиках и происходящих с ними изменениях представляются крайне важной информацией для успешного развития хозяйственного комплекса Российской Федерации.

1.3. История оценки озёрного фонда России. Существующие подходы к количественной оценке водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов

Инвентаризационные работы, учитывающие наряду с основными реками и наиболее крупные водоёмы страны, проводились уже в XVII веке. Первой гидрографической работой, содержащей ряд сведений как по крупным рекам, так и по 62 озёрам государства Московского, явилась составленная в 1627 г. «Книга по Большому чертежу», опубликованная в 1773 г. под названием «Древняя Российская гидрография, содержащая описание Московского государства рек, протоков, озёр, кладезей и какие по ним города и урочища и на каком оные расстоянии».

Работа была переиздана в 1838 г. как «Книга по Большому Чертежу или Древняя Карта Российского государства, поновлённая в разряде и списанная в книгу 1627 году» [Книга..., 1838].

Более тщательный обсчёт озёр в пределах отдельных регионов Российской Империи был произведён уже в конце XVIII в., когда акад. Н.Я. Озерецковский в своём труде «Путешествие академика Н. Озерецковского по озёрам Ладожскому, Онежскому и вокруг Ильменя» [Озерецковский, 1812] указал общую численность озёр Олонецкой губернии, составляющую по его данным около 2000. В 1863-1885 гг. Географическим обществом издаётся подготовленный П.П. Семёновым Тянь-Шанским пятитомный «Географо-статистический словарь Российской империи», включающий ряд сведений о размерах озёр, превышающих 10 вёрст в одном из диаметров [Семенов-Тянь-Шанский, 1863-85], то есть в современных единицах измерения – более 10 668 метров. В 1874 г. И.А. Стрельбицкий публикуется созданный на основе составленной им карты Европейской России масштабом 1:420 000 капитальный труд «Исчисление поверхности Российской Империи в общем её составе в царствование императора Александра II» [Стрельбицкий, 1874] в котором приводятся сведения о 5800 озёрах.

Более масштабные работы по каталогизации озёр стали проводиться уже в XX веке. В 1907-1908 гг. были начаты кадастровые работы по озёрам Северо-Запада Российской Империи. С целью определения доходности озёр статотдел Псковской губернии составил первый кадастр водоёмов Псковской губернии, в котором было учтено 1650 водоёмов. Результаты данной работы были обобщены в книге Д.А. Шкапского «Озёра Псковской губернии», явившейся первой полной сводкой региональных данных об озёрах [Озёра..., 1912]. Позднее, в статье Н.А. Кузнецовой-Молявка упоминается, что в губернии находится часть Псковского озера государственного значения с озёрной площадью в 28 812 десятин (в переводе на современные единицы измерения – 31 477 га) и свыше 2400 озёр местного значения, занимающих в меженное время около 115 000 десятин [Кузнецова-Молявка, 1925] (125 638 га).

Уже при советской власти в 1932 г. выходит исследование В.М. Родевича, содержащее представление о количественных характеристиках гидрографической сети СССР того времени. Согласно опубликованным им данным частные описи по б. Олонецкой губернии содержат сведения о 2733 водоёмах, а по Псковской – о 1650, в то же время подчёркивается, что «хоть общее количество озёр страны исчисляется десятками тысяч, общего кадастра нет» [Родевич, 1932]. Приблизительно в это же время Государственным гидрологическим институтом под руководством Гидрометеорологического комитета СССР и РСФСР начинаются работы по составлению первого Водного кадастра СССР. В издаваемых в рамках данной работы многотомных изданиях «Справочника по водным ресурсам СССР» и «Гидрологических ежегодниках» содержатся сведения по нескольким тысячам озёр [Справочник..., 1933-1940] по ряду которых приводятся данные измерений уровней воды, полученные гидрологическими станциями.

Первая попытка полного исчисления озёр страны была предпринята в 1940-41 гг. также под руководством В.М. Родевича. Для подсчёта были выбраны карты масштаба 1:1 000 000 для европейской части страны (частично 1:500 000) и 1:2 500 000 для азиатской. Подсчёты озёр велись по каждому листу с отнесением их числа к квадратам градусной сетки. Всего было насчитано 70 988 озёр, при этом не были учтены малые водоёмы и озёра малоисследованных регионов. Более детальный учёт в рамках составления первого Водного кадастра СССР был проведён лишь по отдельным районам (Олонецкой губернии, Карелии, Новгородской губернии, Белоруссии, Северному Казахстану и др.). Сводка собранных данных была дана И.В. Молчановым, определившим количество озёр СССР, превышающих по площади 1 га в 270 000 [Близняк, Андрянов, 1958].

Дальнейшая инвентаризация озёр страны была продолжена уже после окончания Второй Мировой войны. После 1948 г., когда открываются Великолукское и Новгородское отделения ГосНИОРХ, начинается работа по составлению кадастра озёр Псковской области в результате которой было учтено 1255 озёр, а также проводится паспортизация 600 озёр Новгородской области с площадями зеркала более 20 га. В 1950-е гг. была проведена инвентаризация озёр Карелии, её итогом стал «Каталог озёр Карелии» [Каталог., 1959], согласно которому в пределах Республики находится около 43 000 озёр. В 1962 г. выходит «Каталог озёр Мурманской области», по данным которого в её пределах насчитывается 107 146 водоёма [Каталог..., 1962]. И уже в 1960-х гг. управлениями Гидрометслужбы под руководством Гидрологического института была проведена крупнейшая работа по инвентаризации озёр всей территории Советского Союза на основе вышедших к этому времени крупномасштабных карт. Данная работа проводилась параллельно с кадастровой оценкой больших и средних озёр, выполняемой в рамках составления изданий «Ресурсов Поверхностных вод СССР» [Ресурсы... т.1-20, 1964-1973], состоявших из трёх серий:

- «Гидрологическая изученность» – кадастровые данные по поверхностным водным объектам;
- «Основные гидрологические характеристики» – многолетние данные по поверхностным водным объектам;
- «Водные ресурсы» – обобщающая серия с фундаментальной характеристикой гидрологического и гидрохимического режима водных объектов, в том числе вопросы использования и качества вод.

Задачей инвентаризации являлся подсчёт по единой методике и на единой картографической основе числа и размеров водных объектов с целью получения более точных и сравнимых между собой данных по водному фонду страны. Число поимённо учтённых озёр, внесённых в списки, составило около 30 000, площадь большинства из них превышала 1 км². Площади озёр

меньшего размера учитывались суммарно по бассейнам малых и средних рек. Обобщённые результаты проведённой инвентаризации водных объектов были опубликованы в справочном издании «Реки и озёра Советского Союза» [Доманицкий и др., 1971], предоставляющем информацию о количестве озёр, площадям их водной поверхности и озёрности речных бассейнов. В работе приводятся данные как для всей территории СССР, так и отдельно по 22 выделенным озёрным районам, границы которых были проведены с учётом границ ландшафтных зон. В подсчёт числа озёр вошли все нанесённые на карту объекты, при этом параллельно указывается, что были учтены водные объекты, площадь зеркала которых превышала 0.01 км² (1 га). Согласно данным работы А.П. Доманицкого, Р.Г. Дубровиной и А.И. Исаевой, в пределах Советского Союза было насчитано 2 854 166 озёр суммарной площадью водной поверхности (без Каспия и Арала) – 488 440 км².

С 1978 г. по единой для страны системе начинается ведение Государственного водного кадастра СССР, включающего данные учёта вод по количественным и качественным показателям, регистрации водопользований, а также данные учёта использования вод. Однако изначально запланированные работы в силу ряда социально-экономических причин в полном объёме выполнены не были, так что последние издания кадастра вышли в свет в 1980-е гг.

После распада Советского Союза, в 1994 г. в целях обеспечения преемственности и непрерывности наблюдений за режимом водных объектов и оценки водных ресурсов России было принято решение о продолжении ведения Государственного водного кадастра Российской Федерации. В то же время, после распада СССР новых полномасштабных оценок озёрного фонда более не проводилось. Даже опубликованная в 2008 году монография ГГИ «Водные ресурсы России» приводит данные последней инвентаризации, проведённой в 60-70-е гг. прошлого века, с соответствующей ссылкой на вышедшую в 1971 г. работу А.П. Доманицкого и его соавторов. Как результат, наиболее используемыми данными до сих пор остаются площади водоёмов, приведённые в своё время во втором издании Водного кадастра, и именно эти данные легли в основу Государственного водного реестра, созданного постановлением Правительства РФ от 28 апреля 2007 г. № 253. Согласно постановлению было установлено, что в реестр включаются данные государственного водного кадастра Российской Федерации по состоянию на 1 января 2007 г., ведение которого осуществлялось в соответствии с постановлением Правительства РФ от 23 ноября 1996 г. № 1403.

Между тем, в связи с произошедшими за последние полстолетия изменениями водного фонда, данные, приведённые во втором издании Водного кадастра, составленном ещё в середине XX в., требовали уточнения. Среди таких уточнений, выполненных на региональном уровне, необходимо указать проведённую в начале 2000-х гг. Псковским отделом ГосНИОРХ подробную фондовую оценку водоёмов Псковской области [Фонд..., 2008], работу Вологод-

ской лаборатории ФГНУ «ГосНИОРХ», выполненную на основе ГИС-технологий и космических снимков и уточнившую количество озёр Вологодской области [Думнич и др., 2008], а также каталог наиболее крупных озёр Карелии [Каталог..., 2001], созданный Институтом водных проблем Севера КНЦ РАН. Работа карельских коллег требует особого внимания, в том числе потому, что эта Республика обладает самым крупным озёрным фондом в европейской части нашей страны. Карельские коллеги не только издали её на бумаге, но и выполнили в электронном виде, в том числе в виде ГИС. Основываясь на новых картах, они уточнили площади ряда водных объектов, включённых в своё время в водный кадастр. Эти уточнения были тем более важны и интересны, что гидрографическая сеть Карелии в связи с гидростроительством претерпела значительные изменения. Однако, именно на примере данной работы, хочется обратить внимание, что подобные уточнения не получили в дальнейшем должного отклика, даже при составлении Государственного водного реестра (ГВР). Остаётся лишь сожалеть, что при столь масштабной и ответственной работе, как заполнение данных ГВР, являющегося на сегодняшний день официальным систематизированным сводом документированных сведений о водных объектах находящихся в федеральной собственности, обновлений данных внесено не было.

Наряду с количеством водоёмов и суммарными площадями водной поверхности, важнейшей характеристикой водного фонда страны является величина суммарного запаса вод или водных ресурсов. Результаты приближённых оценок суммарного запаса вод озёр Российской Федерации приводятся в изданном в 2004 г. Национальном атласе России, согласно которому запас вод, содержащихся в озёрах РФ, составляет от 26 500 до 26 700 км³. Указывается, что основная часть ресурсов пресных вод сосредоточена в крупных озёрах: Байкале, Ладожском, Онежском, Чудском, Псковском и др. Всего в 12 наиболее крупных озёрах содержится свыше 24 300 км³ пресных вод. Более 90% озёр представляют собой мелководные водоёмы, статические запасы воды которых оцениваются в 2200–2400 км³, и, таким образом, суммарные запасы воды в озёрах России достигают (без учёта Каспийского моря) 26 500–26 700 км³ [Национальный..., 2004, с. 202]. В монографии «Водные ресурсы России» приводится лишь суммарный объём воды в крупнейших озерах России (без учёта Каспийского моря), который, согласно оценкам ГГИ составляет 24 855 км³ [Водные..., 2008].

Научный подход к оценке общего количества озёр, а также суммарных запасов содержащихся в них вод, был применён в Институте озероведения РАН. Работы по количественной оценке озёр мира с 1990-х годов проводились под руководством С.В. Рянжина на основе построенных статистических зависимостей. В их основу были положены данные его авторской базы WORLDLAKE [Рянжин, 2002], составленной благодаря мониторингу различных научных публикаций. В дальнейшем такая же работа была начата и по озёрам Российской Федерации на основании выделенного в пределах базы WORLDLAKE блока RUSLAKES. Данный блок со-

держит различную информацию для более 11 000 озёр России, в том числе и морфометрические сведения по ряду водоёмов.

Метод расчёта, выбранный С.В. Рянжиным для определения запасов воды озёр России был аналогичен разработанному им ранее методу [Рянжин, 2005, а], применённому для оценки запасов вод всех озёр мира. Для оценки суммарных площадей водной поверхности строилась интегральная статистическая функция распределения озёр РФ по площадям, имеющая вид:

$$N=C_1*A^{C_2}, \quad (1.1)$$

где N – суммарное число озёр с площадью не меньше A ; $[A]=\text{км}^2$; $C_1=1.655*10^4$; $C_2=-0.99$ – размерные регрессионные коэффициенты, свидетельствующую о быстром увеличении количества озёр с уменьшением их площади. Статистическая функция распределения площадей рассчитывалась как «склейка» из распределения крупнейших озёр (332 водоёма с площадями не менее 50.0 км^2) и распределения озёр с площадями от 0.1 до 50.0 км^2 , которое было заимствовано из работы А.П. Доманицкого [Доманицкий..., 1971]. В результате, суммарная площадь озёр оценивалась С.В. Рянжиным как сумма площадей крупнейших национальных озёр, данные по каждому из которых были взяты из базы WORLDLAKE и озёр с размерами от 0.1 до 50.0 км^2 , суммарная площадь которых определялась через преобразования и интегрирование рассчитанной статистической функции распределения по указанному промежутку площадей. На следующем этапе рассчитывалась регрессия, связывающая объём озёрной котловины V с площадью зеркала озёра A , как

$$V=C_3*A^{C_4}, \quad (1.2)$$

где $C_3=0.0027$, $C_4=1.09$ – размерные регрессионные коэффициенты, $[A]=\text{км}^2$; $[V]=\text{км}^3$.

Суммарный объём озёр России оценивался как

$$V_t=V_1+V_2+V_3, \quad (1.3)$$

где V_1 – сумма объёмов 131 крупнейшего «батиметрически измеренного» озёра, $V_2=106 \text{ км}^3$ – суммарный объём оставшегося 201 «батиметрически неизмеренного» крупнейшего озера, объёмы которых оценены на основании регрессии, $V_3=376 \text{ км}^3$ – суммарный объём озёр с площадями от 0.01 до 50.0 км^2 .

Рассчитанные зависимости позволили С.В. Рянжину первично оценить число российских озёр (с площадями не менее 1 гектара) как 1.58 млн., определить суммарные площади озёр России как $341\,600 \text{ км}^2$, ($264\,000 \text{ км}^2$ без учёта Каспийского моря), оценить современный суммарный запас вод в озёрах России как $24\,996 \text{ км}^3$ (без Каспийского моря) и $2\,001$ тыс. км^3 (без учёта Каспийского моря и оз. Байкал). Обращает на себя внимание, что полученные С.В. Рянжиным суммарные площади водной поверхности озёр России получились ниже, определённых при составлении второго Водного кадастра ($\sim 409\,000 \text{ км}^2$), а суммарные объёмы озёрных вод ниже оценки в $26\,500$ - $26\,700 \text{ км}^3$, опубликованной в Национальном Атласе России [Национальный...,

2004, с. 202] и лишь немногим выше суммарного объёма крупнейших озёр (24855 км^3), приведённого ГГИ [Водные..., 2008]. Последняя несогласованность цифр особенно очевидна, если из суммарного объёма озёрных вод исключить оз. Байкал, объём которого в расчётах С.В. Рянжина принимался равным $22\,995 \text{ км}^3$, и приблизительно такая же величина должна была закладываться в оценки, приводимые в Атласе и в оценках ГГИ. Лишь после создания новой батиметрической карты [A New..., 2002] объём оз. Байкал был уточнён, и составляет согласно принятым в настоящее время данным – $23\,615 \text{ км}^3$. К сожалению, внезапная смерть С.В. Рянжина не позволила ему продолжить работы и уточнить начатую им оценку озёрного фонда РФ, внося уже полученные цифры необходимые коррективы, но работа продолжается его коллегами.

Необходимо отметить, что важным преимуществом полученных С.В. Рянжиным данных является чёткая обоснованность разработанной им и приведённой выше методики их оценки, в то время как цифры, публикуемые в Национальном Атласе России приводятся без описания применяемых методов расчёта. В то же время, обращает на себя внимание, что методика, предлагаемая С.В. Рянжиным, слабо применима при региональных оценках, особенно в районах с низкой лимнологической изученностью, по озёрам которых практически нет сведений в блоке RUSLAKES. В то же время полученные им зависимости объёмов от площади ($V=f(A)$) представляют значительный интерес, особенно, в случае, когда площади водной поверхности не рассчитываются по статистической функции распределения, а определяются с достаточной точностью, например, по спутниковым снимкам.

Подводя итог, необходимо отметить, что актуальность новой оценки озёрного фонда, выполняемой в масштабе всей страны, очевидна. Открывшиеся возможности современной электронной картографии позволяют произвести такую оценку на новом уровне, привнеся уточнения даже в данные по тем регионам, озёрно-ресурсный потенциал которых определён наиболее надёжно. При этом наряду с количественной, стоит необходимость качественной оценки озёрных водных ресурсов, позволяющей учесть возможности их реального использования.

Глава 2. Методические подходы к оценке водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов

Вопрос о необходимости проведения новой оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов России остро встал перед ИНОЗ РАН, когда Институт принял участие в работах по Программе Президиума РАН №31 «Роль пространства в модернизации России: природный и социально-экономический потенциал» (2012-2014). В рамках работ по Программе перед Институтом озероведения была поставлена задача обеспечения проекта данными о характеристиках озёрного фонда страны с учётом его пространственной неоднородности. Для выполнения данной задачи необходимо было разработать методику оценки водных ресурсов озёр, опирающуюся на новые аналитические подходы и учитывающую появившиеся в последние десятилетия возможности использования космической информации и геоинформационных систем. Поскольку количественная оценка озёрного фонда рассматривалась только как первый этап оценки современного состояния водных ресурсов озёр России, встал вопрос и об оценке их качественных показателей. Задача такой оценки была поставлена уже в рамках темы НИР ИНОЗ РАН №2 «Закономерности распределения озёрных ресурсов Российской Федерации» (2013-2018).

Оценка современного фонда естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации, включающая количественную и качественную оценку водных ресурсов озёр и водохранилищ, была проведена в Институте озероведения РАН по методикам, предложенным автором, и все дальнейшие расчёты проводились при его активном участии. Методика количественной оценки водных ресурсов озёр и её результаты были неоднократно опубликованы, в том числе в реферируемых журналах [Измайлова, 2016 (а, б, в), 2018 (а), Izmailova, 2016 (a, b), 2018 (a, b)] и монографии [Измайлова, 2018 (б)], а также доложены на научных конференциях и вошли в сборники, изданные по их итогам [Измайлова, 2013, 2014, 2015 (а, б, в), 2016 (г), 2017 (а, б), 2018 (г), Измайлова, Драбкова, 2012, Измайлова, Корнеенкова, 2014, 2016 и др.]. Критерии региональной оценки качества водных ресурсов озёр были опубликованы в статье [Измайлова, 2015], и в дальнейшем использовались при работе над монографиями, являющимися региональными обобщениями по озёрам России [Румянцев, Драбкова, Измайлова, 2015, 2017, Измайлова, 2018].

2.1. Методика количественной оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации

В силу огромных размеров, Российская Федерация характеризуется достаточно слабой лимнологической изученностью. В связи с этим, в основу новой оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, выполняемой с учётом возможностей современной электронной картографии, было решено положить детальную оценку площадей водной поверхности озёр, снятую с современных спутниковых снимков. Расчёт изначально предполагалось проводить 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 региона и данных по глубинам водоёмов, происходил переход от площадных к объёмным характеристикам водного фонда.

Для определения площадей водоёмов использовались возможности программы «Google Планета Земля», имеющей свободное распространение и предоставляющей полное покрытие снимками всей территории Российской Федерации. Практически вся поверхность суши покрыта изображениями, полученными от компании DigitalGlobe, и имеющими разрешение 15 м на пиксель, есть отдельные участки поверхности, имеющие более подробное разрешение. Почти при любом разрешении снимка дешифрируются водные объекты площадью более 0.1 га. В отличие от других аналогичных сервисов, показывающих спутниковые снимки в обычном браузере, сервис программы «Google Планета Земля» использует специальную, загружаемую на компьютер пользователя клиентскую программу, которая обеспечивает дополнительные возможности. Программа позволяет создавать свои собственные метки и накладывать свои изображения поверх спутниковых (карты или более детальные снимки), а также предоставляет функцию измерения расстояний и площадей. Таким образом, она предлагает практически весь аппарат, необходимый для измерения площадей водоёмов, при их учёте на компьютере пользователя.

Программа «Google Планета Земля» была выбрана и потому, что возможность получить другими способами набор космических снимков, который бы обеспечил полное покрытие всей территории Российской Федерации, был на начало поведения работ без специальных допусков крайне сложен. В то же время, при необходимости по отдельным разномасштабным и разновременным снимкам, размещённым в открытом доступе в сети Интернет, проводились уточне-

ния характеристик, полученных при работе с мозаикой снимков, предоставляемой программой «Google Планета Земля». Из-за масштабности запланированной оценки было невозможно применить современные возможности автоматизированного дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли, в том числе с использованием многоканальных водных индексов NDWI, MNDWI, AWEI. Такой подход получил распространение при региональных оценках [Брыксина, Кирпотин, 2012, Карпов, Шевырев, 2015, Падалко, Павлейчик, 2016, Кравцова, Родионова, 2016, и др.], связанных с выявлением водных поверхностей и определением их площадей.

Таким образом 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 естественных и искусственных водоёмов по территории страны.

Касательно естественных водоёмов, при работе проводилось дешифрирование как озёр, то есть водных объектов площадь которых превышает 1 га, так и естественных водоёмов малого размера, нижняя граница визуального определения которых для разных регионов различалась из-за разномасштабности снимков, представляемых программой «Google Планета Земля». Водные объекты, превышающие 1 га, чётко дешифрировались на всей территории страны. Кроме того, на большей части России хорошо дешифрировались объекты с площадями более 0.1 га, лишь для ограниченного количества северных территорий разрешение снимков позволяло дешифрировать лишь водоёмы размером более 0.5 га.

Методика определения суммарных площадей поверхности водоёмов включала в себя полный учёт всех водных объектов, площади которых превышали 1 км² (или 0.2 (0.5) км² – 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” [Измайлова, 2016 (а)]. 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 ~1/8 этой площади. При расчётах, выполняемых по субъектам Федерации, мини-

мальное количество квадратов составляло около 30 (Республики Ингушетия, Северная Осетия, Чувашия), максимальное – более 300 (Республика Саха, Красноярский край, Ямало-Ненецкий авт. округ). Всего в пределах страны было выделено около 7100 квадратов (3724 в пределах европейской части страны и 3358 – азиатской, для которой площади «выборочных квадратов» были больше).

Метод «выборочных квадратов» был изначально апробирован и оттестирован на примере двух областей, расположенных на северо-западе страны – Ленинградской и Псковской, характеризующихся вариациями озёрности по площади от 0.2 до 12%. Оценка точности метода проводилась двумя различными способами. Первый заключался в расчёте общего числа водоёмов и водной поверхности по районам Псковской области методом «выборочных квадратов» с учётом площадей всех водоёмов (как мелких, так и средних) и сравнения полученных результатов с данными кадастровой оценки водных объектов области, выполненной в начале 2000-х гг. местным отделением ГосНИОРХа [Фонд..., 2008]. Расхождение в полученных результатах не превышало 4.5% по всем районам Псковской области. Вторым методом оценки точности проводился на примере трёх тестовых территорий в разных частях Ленинградской области – на Северо-Западе (регион с наибольшей озёрностью), Юго-Западе и на Востоке. По всем тестовым территориям были выделены, оцифрованы и рассчитаны площади всех водоёмов, определённых на космических снимках с обзорной высоты 2 км (высота укрупнения, на которой чётко дешифрируются водные объекты малой площади), что соответствует картам масштаба 1:10 000. Полученные результаты были приняты в качестве эталонных. Затем проводился расчёт площади водной поверхности методом «выборочных квадратов» и эти результаты сравнивались с эталонными. Сравнение результатов показало их хорошую сходимость не только для области в целом, в пределах которой было выделено ~90 квадратов, но и для тестовых районов. Так для Северо-Западного тестового района даже при выделении небольшого количества квадратов (менее 20) расхождение составило до 6.5%, для Юго-Западного (~30 квадратов) и Восточного (~40 квадратов) – соответственно 4.5% и 3.5%. В дальнейшем для улучшения результатов по всем тестовым районам отдельно определялись площади зеркала всех водоёмов, превышающих 0.2, 0.5 и 1 км², и остальных водоёмов, попадающих в «выборочные квадраты». В этих случаях ошибка определения суммарной площади водной поверхности по всем тестируемым районам была ниже. В первом случае (когда методом «выборочных квадратов» оценивались лишь водоёмы менее 0.2 км², а водоёмы большей площади оцифровывались индивидуально) расхождения по всем тестовым регионам не превышали 1.1%, во втором случае (менее 0.5 км²) – 1.2%, в третьем (менее 1 км²) – 1.5%.

На основании тестирования был сделан вывод, что предложенный метод вполне пригоден для оценки количества водоёмов и площадей водной поверхности озёрных регионов и админи-

стративных территорий РФ, тем более что суммарная площадь малых водоёмов обычно составляет лишь небольшую долю от их общего водного покрытия. Анализ полученных ошибок по разным тестовым регионам и сопоставление их с вкладом малых водоёмов в общую величину водной поверхности позволили принять решение, что при определении минимальной площади полностью учтённых водных объектов желательно, чтобы их суммарная площадь превышала $\frac{3}{4}$ от суммарной водной поверхности региона. Число и размеры выборочных квадратов должны при этом определяться в зависимости от площади оцениваемого региона, даже для сравнительно малых по размерам регионов число квадратов для снижения ошибки должно быть не менее 20.

После апробации «метода выборочных квадратов» проводилась работа с мозаикой снимков, предоставляемой программой «Google Планета Земля». Её результатом явились данные по общему количеству водоёмов по всем озёрным регионам и субъектам Федерации, а также оцифрованные и рассчитанные по каждому из них площади водоёмов более 1 км² (по ряду субъектов Федерации всех водоёмов более 0.2 или 0.5 км²), и площади всех попадающих в «выборочные квадраты» водоёмов, определённых на космических снимках с обзорной высоты ~2 км.

Площади водоёмов определялись либо за счёт их оцифровки, возможность которой предоставляется программой «Gogle Планета Земля», либо для небольших объектов – за счёт определения линейных размеров водоёма (его длины и ширины) с последующем вычислением площади по формуле, выведенной С.В. Рянжиным и Н.В. Кочковым с учётом правомерности использования эллипса для описания береговой линии озёр [Кочков, Рянжин, 2016]:

$$S_l = S k_s S_e^{*\beta}, \quad (2.1)$$

где S_l – площадь озера (км²), S – характерный масштаб площади (км²), $S_e^* = S_e/S$ – безразмерная площадь эллипса, $k_s=0.8$ – безразмерный коэффициент, $\beta=0.99$ – показатель степени. В свою очередь исходя из формулы площади эллипса, S_e определялась как:

$$S_e = \pi ab = \frac{1}{4} \pi l w, \quad (2.2)$$

где a, b, c – полуоси эллипса, l – длина, w – ширина озера.

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_{mi}), площадей зеркал всех водоёмов среднего и малого размера, по которым с использованием космических снимков были получены индивидуальные характеристики площадей (A_{on}) и суммарных площадей малых водоёмов (A_{ml}), попадающих в выборочные квадраты, умноженных на показатель (K), характе-

ризующий отношение площади оцениваемого региона к суммарной площади выборочных квадратов:

$$A = A_{ми} + A_{он} + K * A_{мл} , \quad (2.3)$$

где

$$K = \frac{S_{рг}}{n * S_{кв}} , \quad (2.4)$$

где $S_{рг}$ – площадь оцениваемого региона, n – количество «выборочных квадратов», $S_{кв}$ – их площадь.

Поскольку программа «Google Планета Земля» содержит мозаику снимков за разные сезоны (исключая зимний, когда лежит снежный покров) и за разные годы (в диапазоне от 2003 до 2015, когда расчёты площадей были завершены), снятые с её помощью площади водной поверхности применительно к какой-либо значимой по площади территории можно принимать за осреднённые за начало XXI века.

В результате данного этапа работ были получены площади водной поверхности по всем озёрным регионам и субъектам Российской Федерации. Кроме того, была сформирована обширная база современных морфометрических характеристик больших, средних, а также наиболее крупных малых озёр Российской Федерации, сопоставимая с базой данных по озёрам, включённым в своё время в Водный кадастр. Всего было оцифровано чуть менее 50 тыс. водоёмов и ещё более 460 тыс. водоёмов небольшой площади были посчитаны в «выборочных квадратах». Для всех оцифрованных водоёмов, вошедших в данную базу, были определены значения объёмов воды с учётом их средних глубин, которые для морфометрически изученных водоёмов являются измеренными характеристиками, тогда как для морфометрически неизученных производилось определение глубин на основе региональных зависимостей, характеризующих связь между различными морфометрическими параметрами озёрных котловин. В приложении 1 представлена сводная таблица по количеству водоёмов, оцифрованных для каждого субъекта РФ, и сведения о их морфометрической изученности.

При оценке водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов конкретной территории происходило последовательное суммирование объёмов морфометрически изученных водоёмов со слабо- или неизученными. Оценка осуществлялась по следующей схеме:

$$V = V_{ми} + V_{он} + V_{вч} + V_{мл} , \quad (2.5)$$

где $V_{ми}$ – суммарный объём морфометрически изученных водоёмов с хорошо известными и уточнёнными характеристиками запасов воды (таких как оз. Байкал, Ладожское и Онежское озёра и ещё целый ряд крупных озёр и большая часть водохранилищ РФ);

$V_{он}$ – суммарный объём всех больших, средних и малых водоёмов, по которым площади были определены по космическим снимкам и имеются данные по глубинам.

$V_{вч}$ – объём средних и малых водоёмов, по которым площади были определены по космическим снимкам, но данные по глубинам отсутствовали.

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

При определении $V_{он}$, для каждого из водоёмов, по которым площади были определены по космическим снимкам и присутствуют данные по глубинам, индивидуальный объём вычислялся как произведение площади зеркала водоёма ($S_{оз}$), определённой по спутниковым снимкам, и его средней глубины ($h_{оз}$). Средние глубины конкретных водоёмов были найдены благодаря мониторингу различных литературных и интернет источников. При этом наряду с созданной авторской базой «Озёра России», использовались также значения глубин, вошедшие в базу WORLDLAKE и её блока RUSLAKES;

При определении $V_{вч}$ все водоёмы разбивались на группы, для каждой из которых с учётом построенных по реальным данным региональных зависимостей, характеризующих связи между морфометрическими параметрами озёрных котловин, вычислялись значения глубины. При этом наряду с категорией крупности учитывалась степень однородности территории, её орографические особенности и происхождение озёрных котловин. На рисунке 2.1 приведён пример построения зависимостей глубины от площади водоёма.

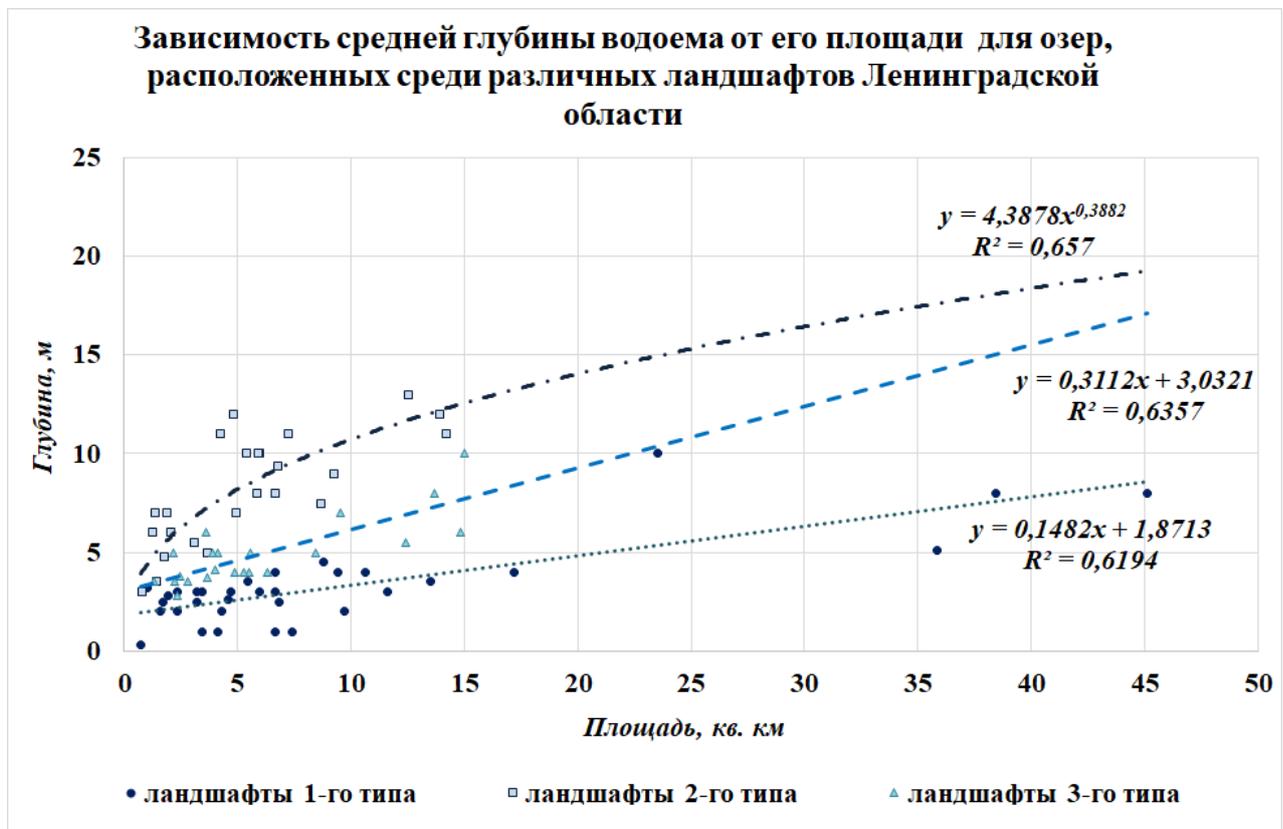


Рисунок 2.1 Зависимости глубины водоёма от его площади, построенные для озёр, расположенных среди различных ландшафтов Ленинградской области: 1 – ледниково-озёрные равнины последнего оледенения, 2 – равнины с преобладанием экзарационных форм рельефа; 3 – моренные и водно-ледниковые (зандровые) равнины последнего оледенения.

Если определить зависимости не удавалось, то на основе ограниченного объёма данных по глубинам морфометрически изученных водоёмов определялись осреднённые значения глубины $h_{зр}$ для каждой группы озёр, выделенной согласно характеристикам крупности и их происхождению. В этом случае $V_{вч}$ вычислялся как сумма объёмов воды, содержащейся в каждой группе $V_{зр}$:

$$V_{вч} = \sum_1^n V_{зр} . \quad (2.6)$$

А объём воды в водоёмах конкретной группы вычислялся на основе суммарной площади их водной поверхности ($A_{зр}$) и полученной осреднённой глубины:

$$V_{зр} = A_{зр} * h_{зр} . \quad (2.7)$$

При определении объёма вод, содержащихся в малых водоёмах, 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 ($h_{оср}$)

$$V_{мл} = A_{мл} * h_{оср} . \quad (2.8)$$

Значение осреднённой глубины вычислялось, как

$$h_{оср} = B * h_{мал} , \quad (2.9)$$

где $h_{мал}$ – средняя глубина озёр наименьшего размера, по которым присутствуют индивидуальные морфометрические характеристики, B – коэффициент, учитывающий снижение средней глубины с уменьшением площади водоёма.

В случае практически полного отсутствия данных по глубинам для анализируемого района оценка объёмов вод производилась на основе зависимостей объёмов от площади водоёмов (формула 1.2, глава 1), рассчитанной С.В. Рянжиным и Н.В. Кочковым (рисунок 2.2) по данным базы WORLDLAKE (1-а) и её блока RUSLAKES [Рянжин, 2005-а, Ryanzhin, 2006, Кочков, Рянжин, 2016].

Так как большинство крупных озёр и водохранилищ 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 ошибке в итоговой величине озёрных водных ресурсов. Однако, необходимо отметить, что если в целом по стране объёмы вод, содержащихся в малых водоёмах (площадь зеркала которых не превышает 1 км²), составляют лишь десятые доли процента от величины водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, то в некоторых субъектах Федерации доля вод, приходящаяся на малые водоёмы, может достигать половины от суммарного объёма вод региона и даже превышать её (некоторые области центра и юга ЕЧР, а также ряд равнинных территорий Сибири). Для большинства таких регионов индивидуальные площади определялись для всех водоёмов, зеркала которых превышают не 1 км², а 0.1, 0.2 или 0.5 км² (в

зависимости от доли малых водоёмов в суммарной величине ресурса). При этом учитывалось, до какой площади необходимо снизиться, чтобы объёмы воды, рассчитанные для всех учтённых водоёмов, не менее чем в 2 раза превышали объёмы воды водоёмов, площади которых посчитаны методом «выборочных квадратов».

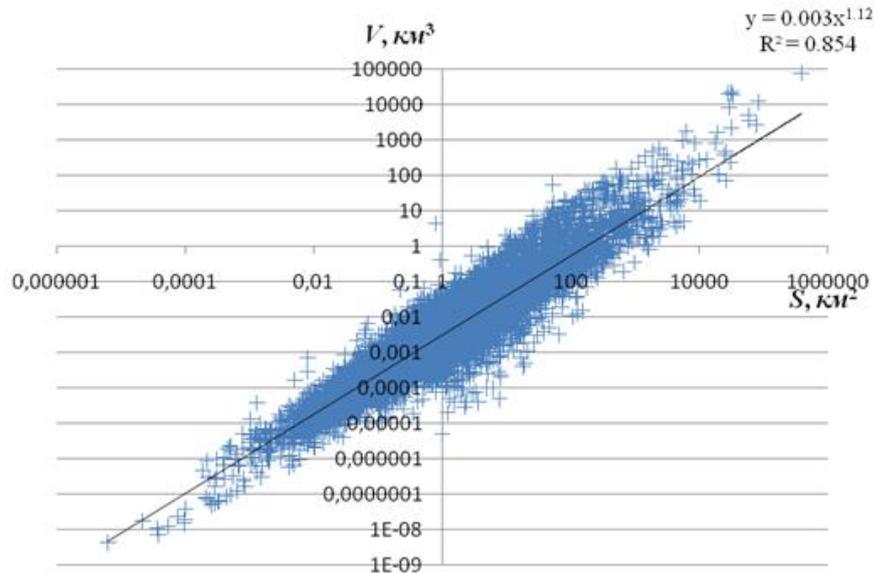


Рисунок 2.2 Зависимость объёма озера V от его площади S , рассчитанная по данным WORLDLAKE.

Оценивая точность определения величин суммарных водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов России, необходимо отметить, что, несмотря на то, что площади водной поверхности озёр для всех регионов РФ были определены с приблизительно одинаковой точностью, в силу неоднородности лимнологической изученности страны точность оценки водных ресурсов различных её регионов отличается. Для большей части европейской территории России, где сведений по водным объектам существенно больше, точность определения суммарных объёмов воды в целом выше. Наибольшую ошибку можно ожидать при оценке водных ресурсов регионов, находящихся на севере и востоке РФ, характеризующихся низкой лимнологической изученностью и отсутствием данных по глубинам большинства расположенных в их пределах озёр, что снижало точность построенных зависимостей, характеризующих связь между различными морфометрическими параметрами озёрных котловин.

Также необходимо учитывать, что для значительного количества озёр РФ характерна существенная изменчивость площадей зеркала как во внутригодовом, так и в многолетнем разрезе. Прежде всего это водоёмы, расположенные в пределах зоны неустойчивого и недостаточного увлажнения. Значительная внутригодовая изменчивость площадей зеркала характерна и для многих северных регионов, а также для большинства озёр гидрогенного происхождения, режим

которых обычно почти полностью определяется режимом реки, в пойме которой они расположены. Даже несмотря на то, что при определении площадей водной поверхности нами была использована мозаика снимков, позволяющая учитывать площади зеркала в различные сезоны и в разные по водности годы, необходимо признать, что для северных регионов и для территорий, расположенных в зоне недостаточного увлажнения, обе составляющие – и площади водной поверхности, и глубины – были рассчитаны с меньшей точностью, чем для остальной части РФ.

При анализе водных ресурсов достаточно крупного региона ошибка оценки суммарных объёмов вод определяется в основном неточностью оценок объёмов воды наиболее крупных водоёмов, которые обычно хорошо морфометрически изучены и включают в себя основной запас вод. Ошибка за счёт низкой морфометрической изученности водоёмов увеличивается для регионов с отсутствием больших озёр или незначительной долей их объёмов в общей величине водных ресурсов, что часто характерно для равнинных территорий, где даже крупные водоёмы отличаются малыми глубинами. В то же время необходимо сфокусироваться на уточнениях, которые были внесены уже на рубеже XX и XXI века в определение объёмов двух крупнейших озёр России – Байкала и Ладоги. Так, в 2002 году в результате выполнения совместного бельгийско-испанско-российского проекта по созданию новой батиметрической карты Байкала [А new..., 2002] суммарный запас его воды был уточнён более чем на 600 км^3 (его величины были изменены с $23\,000$ до $23\,615 \text{ км}^3$). Данная величина сопоставима с объёмом воды Ладожского озера, которая в свою очередь также была скорректирована за последние годы с 838 до 848 км^3 [Науменко, 1995]. В то же время относительно самих величин уточнения составили 2.6% и 1.2%, соответственно. Как будет видно ниже, когда будут представлены результаты оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов России, водные ресурсы всех естественных водоёмов Центрального, Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов составляют всего 13.62 км^3 . То есть неточность определения запасов вод, содержащихся в крупнейших озёрах России, может перекрыть все ошибки, заложенные в наши расчёты по малым и средним водоёмам.

Однако, несмотря на ряд выше перечисленных ошибок при определении водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов различных регионов РФ, необходимо признать, что на сегодняшний день при современном уровне морфометрической изученности озёр страны предлагаемая методика представляется оптимальной. В силу подробного определения площадей водной поверхности исследуемых территорий, она заведомо точнее анализа, основанного лишь на статистических зависимостях и выполненного с учётом ограниченного количества водных объектов. Существенное уточнение оценок водных ресурсов озёр может произойти лишь после качественного улучшения лимнологической (или хотя бы морфометрической) изученности водоёмов нашей страны.

2.2 Критерии региональной оценки качества водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов

Возможность проведения оценки качества вод, составляющих фонд естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации, и изменений его состояния под влиянием антропогенной деятельности требует предварительного определения критериев, позволяющих оценить качество вод применительно не к отдельному водному объекту, а к территории. В этой связи, прежде чем сформировать набор критериев, необходимых для региональных оценок, необходимо вначале вкратце рассмотреть историю развития оценок качества озёрных вод применительно к конкретным водоёмам.

К настоящему времени оценке качества водоёмов посвящено большое количество работ. Она осуществлялась по трём основным аспектам, включающим следующие комплексы показателей [Каминский, 1982, Комплексные..., 1984, Кимстач, 1993, Шитиков и др., 2003]:

- Факторы, связанные с физико-географическим и гидрологическим описанием водоёма, как целостного природного или водохозяйственного объекта;
- Контролируемые показатели состава и свойств водной среды, дающие формализованную оценку качества воды и её соответствия действующим нормативам;
- Совокупность критериев, оценивающих специфику структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамику развития водных биоценозов.

В первой половине XX века большинство работ было посвящено вопросам изучения роли физико-географических факторов в формировании химического состава вод. На их основе был построен ряд классификаций природных вод, среди которых наиболее распространёнными являются классификации по величине содержания и составу минеральных растворимых веществ, разработанные С.А. Щукаревым (1934), Г.А. Максимовичем (1940-1947), В.А. Сулиным (1948), О.А. Алёкиным (1946) [Щукарев, 1934, Сулин, 1948, Алёкин, 1946 и др.]. Все перечисленные классификации отражали, прежде всего, гидрохимические факторы, не учитывая их связи с биотическими компонентами. По мере развития гидрологической и лимнологической науки были разработаны специальные контролируемые показатели – нормативы состава и свойств водной среды. Установление нормативов основывалось на концепции критичности (пороговости) воздействия, то есть достижения той концентрации вещества, выше которой возникают изменения, выходящие за пределы физиологических и приспособительных реакций, или появляется скрытая (т.е. временно компенсированная) патология [Трахтенберг и др., 1991]. Как результат, наиболее употребляемыми показателями пригодности воды для её использования стали предельно допустимые концентрации (ПДК). Под предельно допустимой концентрацией подра-

зумеваются максимальное количество вредного вещества, содержащегося в единице объёма или веса, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченно продолжительного времени не вызывает в организме каких-либо патологических отклонений, а также неблагоприятных наследственных изменений у потомства. ПДК представляют собой индивидуальные стандарты, регламентирующие изолированное действие нормируемого вредного агента и не предполагающие количественной корректировки в случае совместного присутствия нескольких компонентов [Шитиков и др., 2003]. Нормативы, ограничивающие вредное воздействие, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учётом международных стандартов. Оценка качества вод осуществляется по данным изменения отдельных параметров и кратности их превышения по отношению к ПДК или числа случаев, когда в пробах были превышены нормативы.

Одним из комплексных показателей пригодности воды для её хозяйственного использования является индекс загрязнения вод (ИЗВ), рассчитываемый с учётом лимитируемого количества химических элементов, имеющих наибольшее значение для характеристики качества воды. Согласно вышедшим в 1988 г. Методическим Рекомендациям, *ИЗВ* определялся по 6 основным показателям:

$$ИЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (2.10)$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества, $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация для этого вещества, n – количество параметров, $n=6$. В 2002 г. ИЗВ, согласно соответствующим руководящим документам [Методические указания РД 52.24.643-2002], был заменён на комбинаторный индекс загрязнённости воды (КИЗВ) и удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды (УКИЗВ). Расчёт КИЗВ и УКИЗВ позволяет не только определить кратность превышения ПДК, но, также, и оценить повторяемость случаев превышения нормативных значений. УКИЗВ оценивает долю загрязняющего эффекта, вносимого в общую степень загрязнённости воды, обусловленную одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ. При этом, как и при расчёте ИЗВ, учитываются только гидрохимические показатели.

Уже на рубеже XX – XXI вв. изначальная антропоцентрическая направленность экологического законодательства была пересмотрена. Современное понимание нормативов качества окружающей среды связывается теперь не только с пригодностью вод для антропогенного использования, но также и с обеспечением устойчивого функционирования естественных экологических систем и предотвращением их деградации [Федеральный закон., 2002]. В связи с чем, в последние десятилетия особое внимание уделяется разработке критериев, оценивающих специфику структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамику развития водных биоценозов. Активно развиваются биоиндикационные методы, обещающие на ос-

нове видового состава сообществ и обилия его компонент дать интегральную оценку результатов всех природных и антропогенных процессов, протекавших в водном объекте. Для оценки специфики структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамики развития водных биоценозов производится расчёт различных индексов, в том числе индекса сапробности, биотического перифитонного индекса, модифицированного биотического индекса, индекса Майера, олигохетного индекса Гуднайта-Уитлея, индекса Шеннона. Встаёт вопрос о введении нового экологического (биоценотического) ПДК, направленного на оценку влияния токсических веществ на надорганизменные системы (популяции и сообщества) и расширенного за счёт включения в его расчёт новых групп биоиндикаторов.

Необходимо ещё раз отметить, что, разработка критериев оценки качества вод, краткий обзор которой приведён выше, проводилась применительно к отдельным водоёмам. Задача определения критериев, позволяющих оценить качество вод применительно к территории, по которой происходит географическое (лимнологическое) обобщение или ресурс которой определяется, не ставилась. Анализ многоплановой литературы, а также данных гидрологических ежегодников и разнообразных баз данных по гидрохимическим и гидробиологическим характеристикам водоёмов свидетельствует, что для проведения такой оценки, бесспорно, необходимо опираться на уже существующие разработки. Однако в силу ряда объективных причин оценка качества вод естественных и искусственных водоёмов применительно к территории должна с одной стороны являться крайне упрощённой, с другой – содержать дополнительные параметры, характеризующие именно водные ресурсы. Это связано со следующими соображениями (Измайлова, 2015, а):

- При разработке критериев оценки качества водоёма всегда стоит задача изучения конкретных водных объектов, представляющих какой-либо интерес, благодаря чему на этих водоёмах и будет развёртываться соответствующая система наблюдений. При оценке качества вод естественных и искусственных водоёмов территории мы обязаны учитывать, что количество «изученных» водных объектов всегда будет очень невелико. То есть мы должны полностью опираться на существующие крайне ограниченные данные, при этом эти данные по каждому выбранному показателю должны быть в свою очередь репрезентативными, и отражать весь регион, а не случайные объекты.
- Любая территория будет характеризоваться многообразием различных показателей, среди которых лишь часть может рассматриваться как индикативные. Представляется важным, прежде всего, выделить показатели, имеющие географическую привязанность, т.е. отражающие роль различных природных процессов и факторов в формировании озёрных экосистем, характерных для рассматриваемой территории. С одной стороны, необходимо, чтобы такие показатели были едиными для всей территории России, то есть рассмат-

ривались как приоритетные. С другой стороны, важно выделить и показатели, отражающие экологическое состояние водных экосистем конкретной рассматриваемой территории. Такие показатели будут учитывать как специфику геологических условий (повышенное природное содержание ряда элементов), так и особенности развития экономики региона (вредные производства).

- Для любой территории, на которой расположено большое количество озёр, различающихся по своему происхождению и особенностям функционирования, будет характерна вариабельность практически любого выбранного показателя. Поэтому при определении критериев необходимо учитывать, что любой показатель будет представлен в определённом диапазоне значений, отражающем обстановку по всей территории. В случае, когда водоёмы в пределах территории принципиально различаются между собой, разумно давать несколько диапазонов значений параметра для групп водоёмов, объединённых по какому-то признаку.
- При определении критериев необходимо помнить о чрезвычайной важности оценки чувствительности и уязвимости экологических систем, расположенных в пределах территории, к изменениям нагрузки, поскольку лишь гарантия устойчивого функционирования водных экосистем может обеспечить устойчивое водопользование. Чувствительность и уязвимость экосистем к изменениям нагрузки будет определяться как комплексом природных факторов (физико-географических, климатических и гидрологических), так и характером самой нагрузки, по-разному сказывающейся в различных условиях среды.
- Бесспорно, перспективным направлением оценки качества природных вод являются методы биоиндикации, которые на основе видового состава сообществ и обилия его компонент дают интегральную оценку результатов природных и антропогенных процессов, протекавших в водном объекте. Однако ограниченность региональных данных, не позволяет, к сожалению, в настоящее время воспользоваться уже имеющимися достижениями в этой области.
- При оценке экологического состояния водоёма часто стремятся к разработке некоего комплексного показателя, который бы учитывал комбинированное действие целого ряда факторов. Даже для отдельного водоёма разработка такого показателя, чаще всего выраженного в баллах, сопряжена с массой трудностей. Для возможности определения рациональности и эффективности использования водных ресурсов водоёмов конкретной территории разработка комплексного показателя их экологического состояния представляется очень важной, однако решение этой задачи требует тщательной проработки и может быть выполнено лишь в перспективе.

С учётом изложенных выше соображений, для региональных оценок качества вод естественных и искусственных водоёмов были предложены следующие критерии [Измайлова, 2015 (a)]:

- **Величина общей минерализации**, являющаяся одной из важнейших и наиболее часто измеряемых характеристик водоёма. Природная минерализация озёр в значительной степени определяется геологическими условиями, литологическим составом и особенностями залегания водоносных пластов, встречаемостью и степенью растворимости различных минералов. Кроме того, она зависит и от климатических факторов и возрастает с увеличением сухости климата. Антропогенные факторы могут вносить свои коррективы в величину общей минерализации, способствуя её росту за счёт повышенного содержания различных минералов в сточных водах, разгружаемых в водотоки и водоёмы. При региональных оценках минерализация вод в пределах территории может значительно различаться. Необходимо указывать среднюю для региона минерализацию и показатели её пространственной вариации. Причём необходимо учитывать как фоновые значения, так и значения минерализации, достигнутые в результате антропогенного воздействия. Природную минерализацию вод можно рассматривать как картируемую характеристику, отражающую как зональную, так и азональную дифференциации географической оболочки;
- **Соотношение главных ионов** как показателя химического состава воды (ориентируясь на классификацию, разработанную О.А. Алёкиным). В пределах какой-либо территории обычно преобладает несколько видов вод, отражающих особенности её геологического строения и почвообразования. При региональных оценках интерес представляют как доминирующий в регионе вид вод, так и наиболее часто встречающиеся виды с указанием их примерного долевого участия в общем объёме озёрных водных ресурсов. В ряде случаев необходимо учитывать и модифицированные под воздействием антропогенного фактора виды вод. Соотношение главных ионов имеет географическую привязанность и отражает природную обстановку. При интенсивной антропогенной нагрузке оно может быть подвержено изменениям;
- **Величина водородного показателя (рН) воды**, представляющего собой отрицательный десятичный логарифм активности или концентрации ионов водорода в растворе: $pH = -\lg[H^+]$. Водородный показатель отражает природную обстановку и степень искусственного закисления водоёмов. При региональных оценках интерес представляют как фоновые значения рН территории и их естественная вариация в зависимости от местных факторов, так и значения рН, достигнутые в результате процесса ацидификации водоёмов.

Поскольку буферная способность водоёмов определяется также и его размером, стоит приводить естественные и изменённые значения рН для водоёмов различной крупности;

➤ Категории **трофности водоёмов**, как важнейшего показателя состояния озёрных экосистем. Трофность водоёма зависит как от физико-географических факторов, так и от антропогенного воздействия. Мерой биологической продуктивности или трофности водоёмов служит величина продукции, создаваемой за единицу времени в единице пространства. Ввиду несовершенства традиционных методов измерения трофности и отсутствия общепринятой шкалы обычно ограничиваются качественным делением водоёмов на следующие категории:

- *олиготрофные* (водоёмы с низким содержанием биогенного вещества, высокой степенью насыщения воды кислородом, низкой биологической продуктивностью);
- *мезотрофные* (водоёмы с умеренным содержанием биогенного вещества и средней биологической продуктивностью);
- *эвтрофные* (водоёмы с высоким содержанием биогенного вещества, периодически наблюдающимся дефицитом растворённого кислорода, высокой биологической продуктивностью);
- *гипертрофные* (водоёмы с чрезвычайно высоким содержанием биогенного вещества и растворённой органики, и массовым развитием сине-зелёных водорослей);
- *дистрофные* (водоёмы очень бедные биогенами, характеризующиеся нарушенным круговоротом питательных веществ, со слабо минерализованной водой, отличающейся повышенной кислотностью и обилием гуминовых веществ).

При региональной оценке использование такой классификации представляется единственно возможным. При этом необходимо учитывать как естественную, характерную для водоёмов данной территории, трофность, так и изменённую в результате антропогенного эвтрофирования. Поскольку в крупных и глубоких водоёмах процессы эвтрофирования происходят намного медленнее, представляется целесообразным рассчитывать приблизительную долю вод различной трофности в общих водных ресурсах территории с учётом размеров водоёмов;

- Степень **заиления водоёмов**, происходящего, как в результате естественных причин, так и хозяйственной деятельности на водосборе. При региональных оценках необходимо указывать как фоновые скорости заиления водоёмов, так и наблюдаемые в результате антропогенной деятельности. Представляет интерес также оценка потерь озёрного фонда, связанных с полным заполнением илистыми отложениями озёрных котловин в тех регионах, где данный процесс наиболее активен;
- Превышения существующих норм **содержания токсичных веществ**. При выявлении токсического загрязнения оценка качества вод обычно осуществляется по данным изме-

нения отдельных параметров (тяжёлые металлы, ксенобиотики и др.) и кратности их превышения по отношению к установленным нормативам – ПДК. Установление нормативов основывается на концепции критичности воздействия, однако, необходимо помнить, что «ПДК не учитывают взаимодействие между элементами при комплексном загрязнении вод, в условиях которого токсичные свойства ряда элементов могут взаимно усиливаться или нивелироваться» [Моисеенко и др., 2003]. При региональной оценке качества воды необходимо представлять основные загрязнители, по которым в водоёмах территории происходит превышение ПДК. Кроме того, для ряда элементов важно давать их фоновые значения, особенно в случае, если по различным физико-географическим причинам эти значения являются близкими или превышающими ПДК. Кроме того, представляется необходимым перечислять основные отрасли хозяйства, развитие которых на рассматриваемой территории приводит к превышению в водоёмах значений ПДК. Определение уровня превышения ПДК для ряда токсических веществ, содержащихся в водоёме, ещё не предполагает выделение классов качества воды, а указывает лишь на соблюдение или нарушение принятых нормативов. В условиях многокомпонентности загрязнения окружающей среды важнейшей экологической задачей является оценка класса качества водоёма по целому комплексу информативных показателей. Рекомендованным в настоящее время комплексным показателем пригодности воды для её хозяйственного использования является УКИЗВ;

- **Чувствительности и уязвимости** водных экосистем, расположенных в пределах территории, к изменениям антропогенной нагрузки. Чувствительность и уязвимость водоёмов к различным видам загрязнения являются важнейшими характеристиками при определении возможности использования озёрных ресурсов региона. В технике под чувствительностью системы понимается «её способность реагировать каким-либо образом на определённое малое воздействие, а также количественная характеристика этой способности» [Методы..., 1971]. В биологии чувствительность – это способность организма реагировать на изменения факторов среды; «наименьшая сила фактора, которую ощущает организм, является порогом его чувствительности, и чем ниже этот порог, тем выше чувствительность организма» [Быков, 1983].

В зависимости от своей чувствительности водные экосистемы могут характеризоваться большей или меньшей уязвимостью или большей или меньшей устойчивостью. Под уязвимостью системы, согласно [Дмитриев, 1995], подразумевается её «неспособность сохранять квазипостоянными свои свойства и параметры режимов в условиях действующих на неё внешних и внутренних нагрузок». Мерой уязвимости могла бы являться величина нагрузки, выводящая данную систему из квазистационарного состояния. Устойчивость связывают со «способностью

систем выдерживать изменения, вызванные влиянием извне и возвращаться в исходное состояние после воздействия на них» [Одум, 1986].

Поскольку чувствительность и уязвимость водных экосистем к различного рода нагрузкам может значительно отличаться, при региональных исследованиях представляется необходимым производить не только комплексную, но и отдельную оценку чувствительности и уязвимости систем по отношению к четырём важнейшим проявлениям антропогенной деятельности – ацидификации, эвтрофированию, заилению и токсическому загрязнению водоёмов.

Чувствительность и уязвимость водоёмов к внешнему воздействию в определённой степени определяется физико-географическими факторами, то есть фоновыми условиями. Известно, что для северных регионов характерна более высокая уязвимость водоёмов к большинству видов загрязнения, в том числе к ацидификации, антропогенному эвтрофированию и токсическому загрязнению. Это объясняется как обще-экологическими принципами – обычно считается, что «устойчивость экосистем тем значительнее, чем выше её разнообразие» [Воронков, 1999], так и узко-лимнологическими. Согласно [Моисеенко и др., 2006], «в олиготрофных, ультрапресных водах с низкими круглогодичными температурами миграционная способность загрязняющих веществ высока, их циклирование в водоёмах более продолжительно, ионное равновесие неустойчиво и токсичные воздействия в слабоминерализованных водах много выше». Низкое видовое разнообразие и короткие пищевые цепи способствуют быстрому продвижению ксенобиотиков к конечным продуцентам – рыбам и соответственно – их потребителям. При отсутствии на сегодняшний день чёткого алгоритма для формализованной оценки чувствительности, уязвимости и пластичности/упругости водных экосистем, данные оценки могут приводиться пока лишь на экспертном уровне.

Наряду с общей оценкой качества водных ресурсов, заключённых в озёра и водохранилища определённой территории, необходима и отдельная характеристика качества вод крупных озёр, в которых сконцентрирован основной запас вод, легкодоступных для потенциального использования.

С учётом разработанных критериев, в настоящей работе будут проанализированы общие экологические изменения, произошедшие с фондом естественных и искусственных водоёмов России за последнее столетие, подытожено современное экологическое состояние водных ресурсов в различных частях страны и на основе обобщённых данных приведён прогноз его потенциальных изменений в ближайшее время.

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

Оценка водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации была выполнена на основе единой, специально разработанной и изложенной в предыдущей главе методики, базирующейся на детальном учёте площадей водоёмов, данные о которых были получены с современных спутниковых снимков, и дальнейшем определении объёмов вод с учётом средних глубин водоёмов. Из-за неоднородности морфометрической изученности водоёмов, расположенных в различных частях страны, точность определения водных ресурсов её регионов, как уже упоминалось, различалась. В связи с этим было принято решение приводить по каждому региону результаты оценки с расчётной точностью, тогда как суммарные данные по стране давать округлённо.

Согласно проведённой оценке, в пределах РФ 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 европейской части страны дешифрируется более 700 тыс. водоёмов, а азиатской – более 3.15 млн. (таблица 3.1). 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 Российской Федерации составляет ~335 тыс. км², включая озёра с солёной водой (~20 тыс. км²), а всех 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 Российской Федерации составляет ~2.3% (без учёта искусственных водоёмов ~1.9%). 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, из которых более 55 км³ воды характеризуются повышенной минерализацией. Объём пресных озёрных вод составляет ~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 около 890 км³. Таким образом, суммарный объём вод, заключённых в естественные и искусственные резервуары, составляет чуть менее 26 800 км³, в том числе пресных – около 26 745 км³. На ри-

сунке 3.1 представлены итоговые результаты оценки фонда естественных и искусственных водоёмов РФ с учётом принадлежности водоёмов к различным категориям крупности.

Таблица 3.1. Фонд естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации

		Водоёмов естественного и искусственного происхождения	Водоёмов естественного происхождения	Больших озёр площадью >100 км ²	Озёр площадью 10-100 км ²	Водохранилищ площадью >100 км ²
РФ	I	~3 900 000 *	~3 800 000 *	114	1556	39
	II	~400 000 *	~335 000 *	95 470	36 650	54 950
	III	~26 800 *	~25 910 *	25274	252	851
ЕЧР	I	>700 000	>610 000	49	406	25
	II	124 300	84 385	42 420	9760	32 740
	III	1620	1370	1251	45.2	223
АЧР	I	>3 150 000	>3 140 000	65	1150	14
	II	272 600	248 500	53 050	26 890	22 210
	III	25 175	24 537	24 023	207	628

Условные обозначения: I – число водоёмов; II – Площадь водной поверхности, км²; III – суммарный объём вод, км³.

* – из-за различной точности оценок, прежде всего, малых водоёмов европейской и азиатской частей России, цифры при суммировании округлялись: по количеству водоёмов до 6 знака, по площадям водной поверхности – до 4 знака, по объёмам вод – до 2 знака.

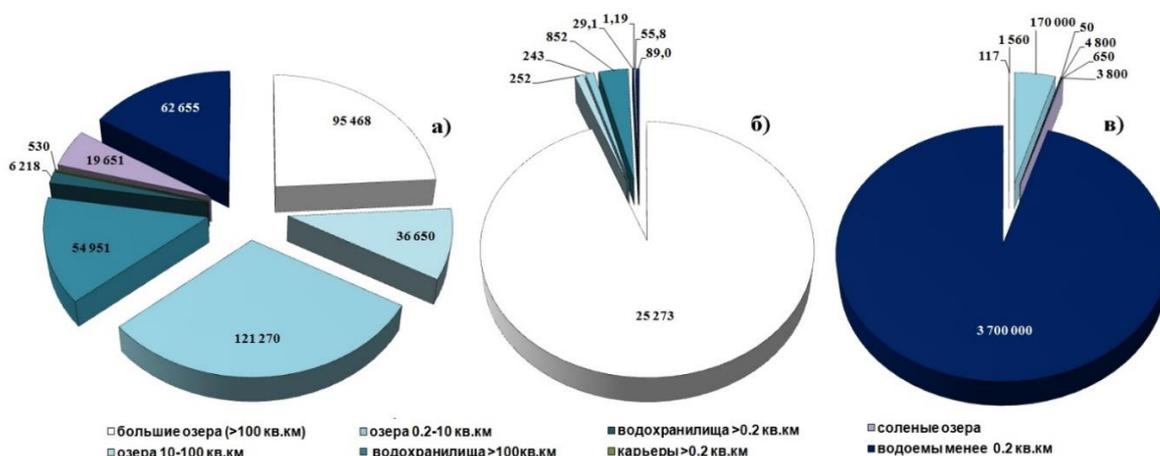


Рисунок 3.1. Распределение суммарных ресурсов вод естественных и искусственных водоёмов РФ в зависимости от размера котловин: а) площади водной поверхности, б) – объёмы воды, в) количество водоёмов.

В связи с тем, что основная масса озёрной воды России сконцентрирована в едином водоёме – оз. Байкал, водные ресурсы водоёмов естественного и искусственного происхождения азиатской части страны более чем в 15 раз превосходят водные ресурсы водоёмов её европейской части. 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 3.2 и 3.3 представлены итоговые результаты оценки фонда естественных и искусственных водоёмов европейской и азиатской частей России.

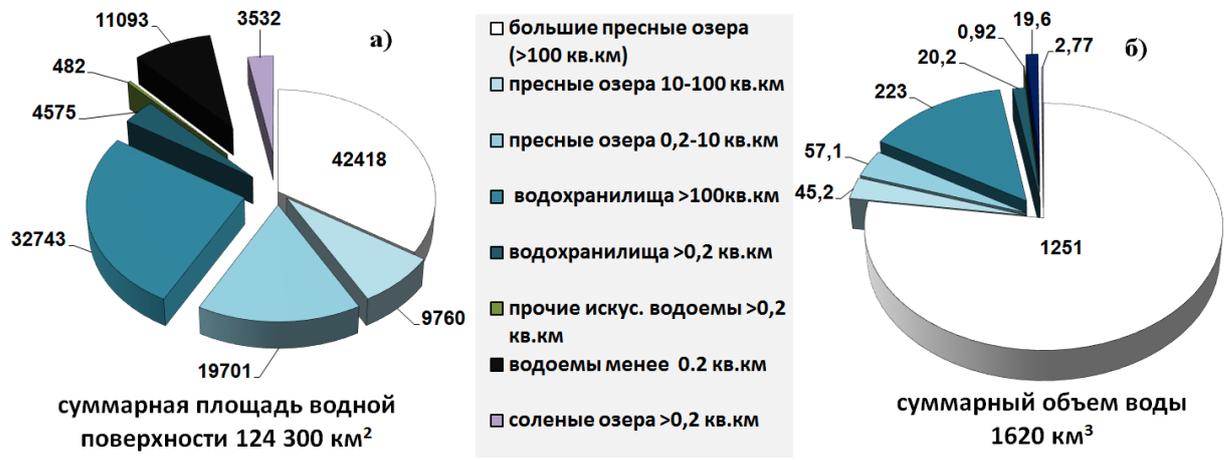


Рисунок 3.2. Распределение водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов европейской части России в зависимости от размера котловин: а) площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

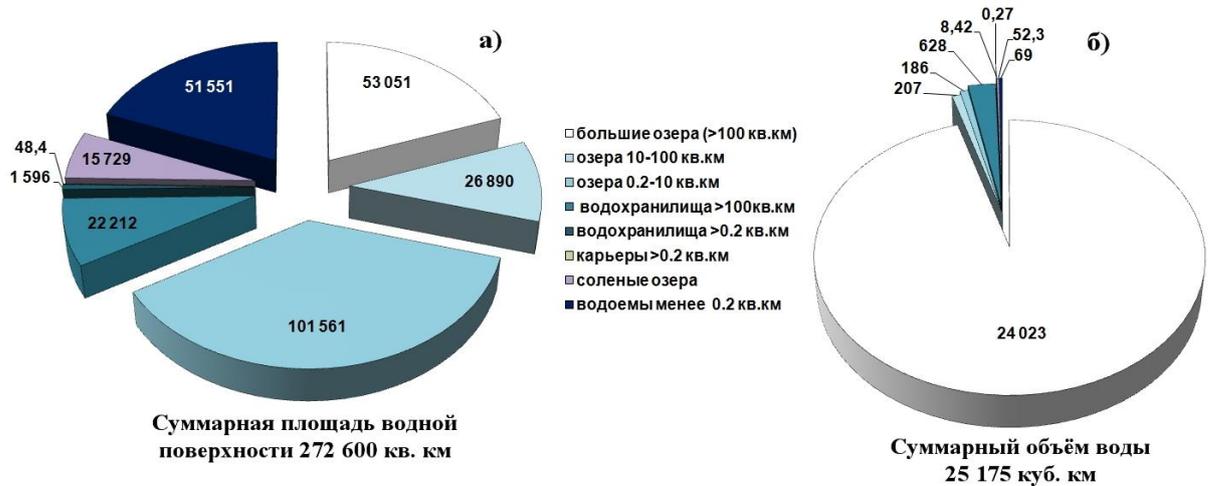


Рисунок 3.3. Распределение водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов азиатской части России в зависимости от размера котловин: а) площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

3.1. Водные ресурсы естественных и искусственных водоёмов России по субъектам федерации

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 (рисунок 3.4). 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 Бурятия, 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 естественных и искусственных водоёмов (~60% от их суммарной величины). Значительными ресурсами озёрных 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 озёрных вод, и значительные запасы вод, сосредоточенных в искусственных водоёмах. При анализе распределения водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов РФ по федеральным округам обращает на себя внимание несогласованность доли каждого из округов в суммарной площади водной поверхности и в суммарной величине водных ресурсов, причём эта несогласованность сохраняется, даже если от общей величины ресурса отнять объём оз. Байкал. В этом случае наибольшие ресурсы вод естественных и искусственных водоёмов сосредоточены в водоёмах Северо-Западного ФО (~44%), при том, что его доля в общей площади РФ составляет лишь ~ 10 %. Для Сибирского ФО также характерны значительные ресурсы вод, даже без учёта запасов вод, сосредоточенных в оз. Байкал. Они сконцентрированы в озёрах плато Путорана, Телецком озере, а также в крупнейших водохранилищах Сибири. В то же время для Уральского федерального округа (УФО), в пределах которого находится чуть менее половины всех озёр России, благодаря чему он вносит и значительный вклад в суммарную площадь водной поверхности (~18%), объёмы вод естественных и искусственных водоёмов относительно невелики. Среди огромного количества озёр, расположенных в его пределах, практически все характеризуются небольшими глубинами, а, следовательно, и малыми водозапасами.

Удельной величиной, характеризующей площадь водной поверхности региона, является его озёрность, рассчитанная как отношение суммарной водной поверхности к его площади. Согласно проведённой оценке, средняя озёрность РФ составляет ~2.3%. Лишь средняя озёрность Северо-Западного и Уральского округов, а также Южного (с учётом площади искусственных водоёмов) превышает данное значение. Средняя озёрность Сибирского ФО, характеризующегося максимальными запасами озёрных вод, немногим ниже средней. Наиболее низкой озёрностью отличается Северо-Кавказский ФО, даже с учётом площади искусственных водоёмов её средняя величина составляет лишь ~0.7%. Необходимо отметить, что озёрность резко изменяется в пределах округов, в том числе на уровне субъектов Федерации. Результаты оценки объёмов

вод естественных и искусственных водоёмов по всем субъектам РФ, а также их средняя озёрность представлены в таблице 3.2. Для трёх городов Федерального значения (Москвы, Санкт-Петербурга и Севастополя) водные ресурсы рассчитывались суммарно с областями (республикой) в пределах которых они расположены. В приложении 2 представлена итоговая таблица оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов России с учётом их размера.

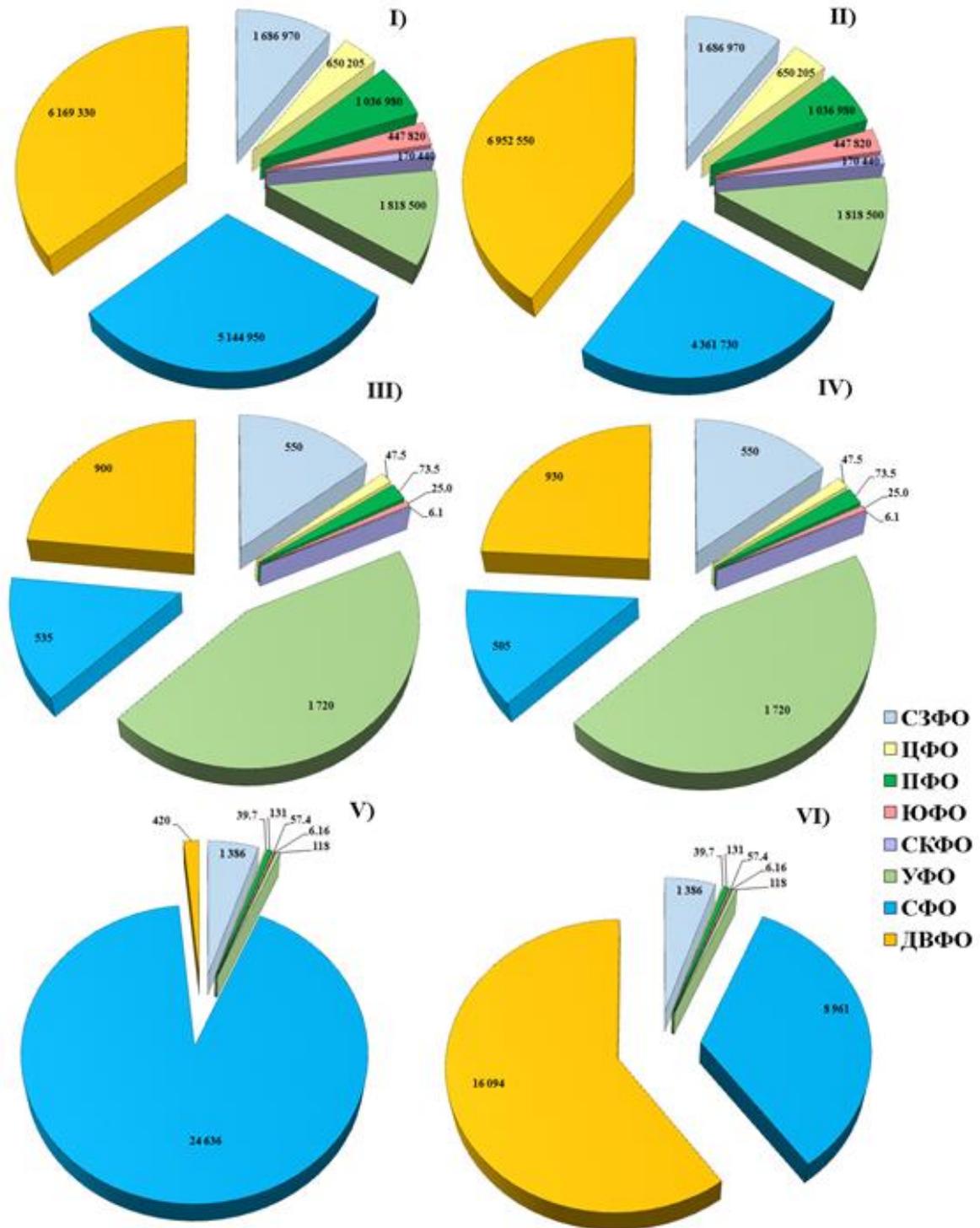


Рисунок 3.4. Распределение водного фонда РФ по Федеральным округам: площади Федеральных округов: I – в старых границах, II – в новых границах; количество водоёмов: III – в старых границах, IV – в новых границах; объёмы воды: V – в старых границах, VI – в новых границах.

Таблица 3.2. Распределение ресурсов вод естественных и искусственных водоёмов по субъектам РФ

Субъект федерации	Суммарный объём вод, км ³		Средняя озёрность, % с учётом площадей	
	озёр (включая солёные)	естественных и искусственных водоёмов	естественных водоёмов	естественных и искусственных водоёмов
1	2	3	4	5
Мурманская область	56.7	63.4	7.11	7.64
Республика Карелия	904	910	18.9	20.0
Архангельская область	10.7	10.8	0.87	0.88
Ненецкий авт. округ	10.1	10.1	4.06	4.06
Республика Коми	4.6	4.63	0.43	0.43
С.-Пб и Ленинградская обл.	332	334	11.9	12.4
Псковская область	18	18.2	5.72	5.84
Новгородская область	6.2	6.3	3.07	3.13
Вологодская область	16	28.9	2.51	4.52
Калининградская область	0.33	0.37	0.34	0.47
Северо-Западный ФО	1 358	1 386	4.61	4.98
Тверская область	4.61	7.37	1.37	2.19
Ярославская область	0.70	20.4	0.40	10.4
Костромская область	0.21	2.39	0.23	1.04
Ивановская область	0.062	3.34	0.10	2.97
Владимирская область	0.12	0.21	0.17	0.32
Москва и Московская область	0.20	1.54	0.22	0.98
Смоленская область	0.29	1.38	0.17	0.65
Калужская область	0.018	0.11	0.04	0.17
Тульская область	0.003	0.26	0.007	0.34
Рязанская область	0.22	0.43	0.31	0.56
Тамбовская область	0.013	0.40	0.03	0.54
Липецкая область	0.013	0.28	0.04	0.53
Орловская область	0.0012	0.095	0.004	0.22
Брянская область	0.027	0.18	0.05	0.27
Курская область	0.026	0.46	0.06	0.69
Белгородская область	0.0021	0.31	0.006	0.61
Воронежская область	0.048	0.55	0.07	0.58
Центральный ФО	6.6	39.7	0.30	1.42

1	2	3	4	5
Республика Башкортостан	0.85	3.23	0.16	0.39
Кировская область	0.11	0.41	0.04	0.13
Республика Марий Эл	0.14	9.07	0.13	6.54
Республика Мордовия	0.03	0.13	0.04	0.20
Нижегородская область	0.27	2.61	0.13	1.01
Оренбургская область	0.27	4.02	0.19	0.56
Пензенская область	0.048	0.80	0.06	0.53
Пермский край	0.15	22.2	0.06	2.00
Самарская область	0.18	13.2	0.19	3.49
Саратовская область	0.15	22.0	0.07	2.59
Республика Татарстан	0.19	29.0	0.11	6.45
Республика Удмуртия	0.038	0.73	0.05	0.37
Ульяновская область	0.023	20.9	0.03	7.11
Республика Чувашия	0.027	2.14	0.09	2.02
Приволжский ФО	2.47	130	0.10	1.86
Ростовская область	0.46	10.3	0.24	1.83
Республика Адыгея	0.008	3.06	0.06	5.66
Краснодарский край	1.83	2.76	1.93	2.66
Волгоградская область	0.24	37.1	0.25	3.72
Республика Калмыкия	0.22	2.40	1.56	2.64
Астраханская область	0.53	0.56	1.61	1.93
Севастополь и Респ. Крым	0.78	1.18	1.48	1.65
Южный ФО	4.08	57.4	0.97	2.65
Ставропольский край	0.098	1.63	0.25	1.06
Республика Дагестан	0.30	3.88	0.53	0.77
Республика Чечня	0.062	0.076	0.03	0.12
Республика Ингушетия	0	0.002	0	0.04
Республика Северная Осетия	0.0001	0.038	0.001	0.14
Респ. Кабардино-Балкария	0.0074	0.051	0.02	0.13
Респ. Карачаево-Черкесия	0.007	0.48	0.02	0.42
Северо-Кавказский ФО	0.47	6.16	0.26	0.70
Ямало-Ненецкий авт. округ	58	58.0	5.06	5.06
Ханты-Мансийский авт. округ	35.5	35.5	4.25	4.25
Тюменская область (собств.)	4.11	4.13	1.95	1.96
Свердловская область	2.07	3.87	0.44	0.70
Челябинская область	7.72	10.9	2.33	2.95

1	2	3	4	5
Курганская область	5.85	5.96	3.82	3.88
Уральский ФО	113	118	3.88	3.94
Омская область	2.23	2.26	1.23	1.24
Новосибирская область	6.24	14.5	2.61	3.20
Алтайский край	4.65	5.99	1.44	1.61
Томская область	3.12	3.14	0.68	0.68
Кемеровская область	0.21	0.86	0.06	0.18
Республика Алтай	40.9	40.9	0.59	0.60
Республика Хакасия	2.97	19.7	0.55	1.30
Республика Тыва	14.0	17.9	0.65	0.80
Иркутская область	7 968	8 206	1.45	2.46
Красноярский край	432	651	1.74	2.02
Сибирский ФО	8473	8961	1.50	1.90
Республика Бурятия	15 669	15 669	6.50	6.50
Забайкальский край	5.58	5.68	0.33	0.35
Амурская область	0.41	78.9	0.05	0.82
Еврейская авт. область	0.09	0.1	0.20	0.22
Приморский край	14.8	15.0	1.97	2.01
Сахалинская область	12.3	12.4	2.76	2.76
Хабаровский край	9.36	20.2	0.53	0.59
Магаданская область	2.86	17.5	0.24	0.34
Камчатский край	39.6	39.6	0.84	0.84
Чукотский авт. округ	56.8	56.8	1.87	1.87
Республика Саха	140	180	1.94	2.02
Дальневосточный ФО	15950	16094	1.60	1.70

В европейской части РФ основная часть водных ресурсов озёр сосредоточена в *Северо-Западном федеральном округе* (рисунок 3.5). Большое количество озёр связано как с относительно недавним пребыванием ледника на значительной части территории СЗФО, так и с невысокими температурами, определяющими существенное превышение осадков над испарением. Согласно проведённой оценке, в пределах СЗФО дешифрируется около 550 000 водоёмов естественного и искусственного происхождения, в том числе более 170 000 озёр площадью зеркала более 1 га и около 4 750 – площадью более 1 км². Общая площадь водной поверхности СЗФО составляет 83 246 км², в том числе с учётом лишь естественных водоёмов – 77 000 км², а величина водных ресурсов, соответственно, 1386 и 1358 км³. За счёт искусственных водоёмов (в том

числе за счёт превращения озёр в озёра-водохранилища) площадь водной поверхности СЗФО увеличена на ~6 250 км², а общий объём вод – на 28 км³ (~ 2% от суммарного объёма).

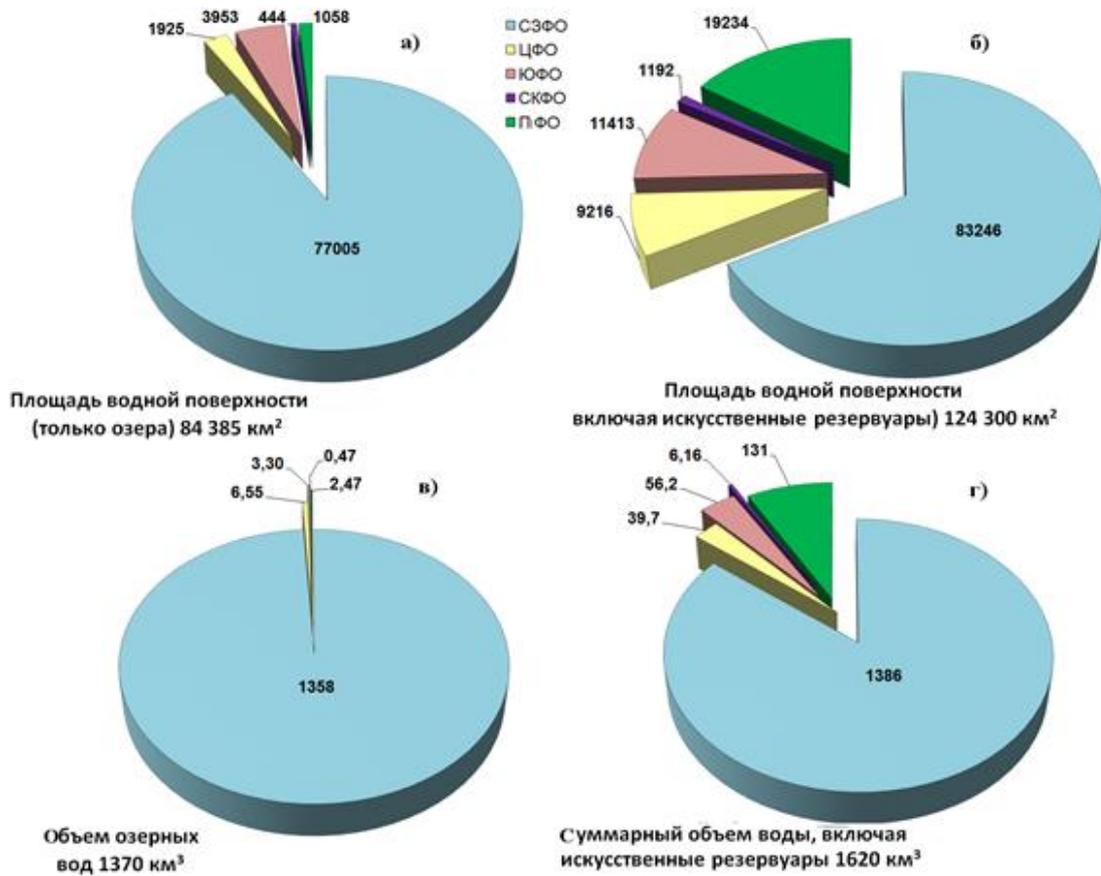


Рисунок 3.5. Распределение водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов по Федеральным округам, расположенным в пределах европейской части РФ: а), б) – площади водной поверхности, в), г) – объёмы воды.

Около половины суммарной площади водной поверхности СЗФО приходится на большие озёра, более 10% – на озёра с площадями от 10 до 100 км² и ~ 21% на озёра с площадями от 0.2 до 10 км² (рисунок 3.6). Что касается объёмов заключённой воды, то около 90% её содержится в 35 наиболее крупных озёрах.

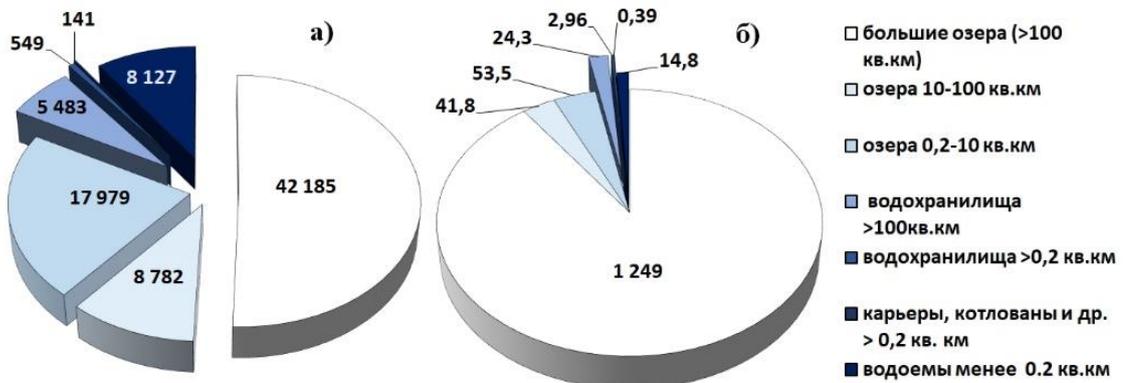


Рисунок 3.6. Распределение ресурсов вод СЗФО в зависимости от их происхождения и размера котловин: а) – площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

Среди субъектов федерации наибольшими ресурсами озёрных вод в пределах СЗФО характеризуется Республика Карелия, за ней следует Ленинградская (прежде всего благодаря части акватории Ладожского озера) и Мурманская области (рисунок 3.7).

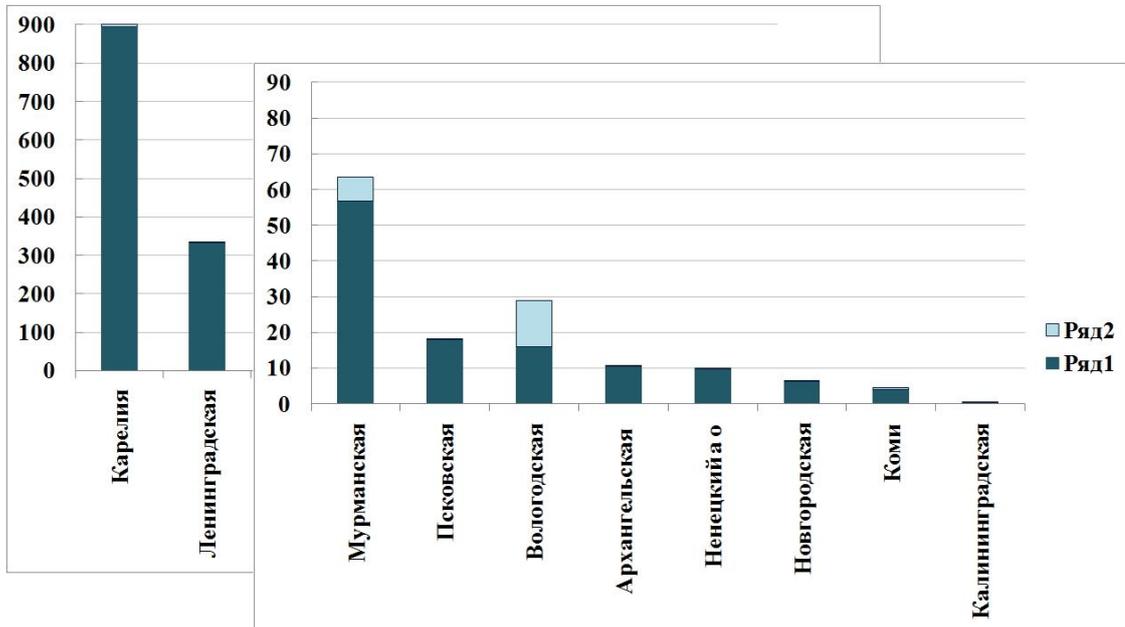


Рисунок 3.7. Объём вод, содержащихся в естественных (ряд 1) и искусственных (ряд 2) водоёмах СЗФО (по субъектам федерации).

В пределах *Центрального федерального округа* (ЦФО) дешифрируется около 50 000 водоёмов, в том числе лишь ~6 800 озёр площадью зеркала более 1 га и 210 – более 1 км². Общая площадь водной поверхности ЦФО составляет 9216 км², а величина водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов – 39.7 км³. Суммарная площадь поверхности водоёмов естественного происхождения составляет 1 925 км², в них заключено 6.55 км³ воды, причём 1 150 км² и 4.6 км³, соответственно, приходятся на Тверскую область, затронутую последним (валдайским) оледенением.

Нехватка озёрных вод особенно выражена в южных областях ЦФО, характеризующихся активным развитием сельского хозяйства. Для восполнения наблюдающегося водного дефицита здесь построено большое количество прудов и водохранилищ, активно используемых для орошения (рисунок 3.8). Благодаря строительству искусственных резервуаров суммарная площадь водной поверхности ЦФО увеличена на 7 290 км², то есть в 4.8 раза, а общий объём вод – на 33.1 км³, то есть в 6 раз. Наибольшее увеличение водных ресурсов за счёт строительства искусственных водоёмов наблюдается в Белгородской, Тульской и Орловской областях (в 147, 87 и 80 раз), изначально характеризовавшихся очень низкими ресурсами озёрных вод. Благодаря крупному гидростроительству существенно повышены водные ресурсы Ивановской и Ярославской областей (в 54 и 30 раз). Преобладание озёрных вод над водами, содержащимися в искусственных водоёмах, характерно лишь для Тверской, Владимирской и Рязанской областей.

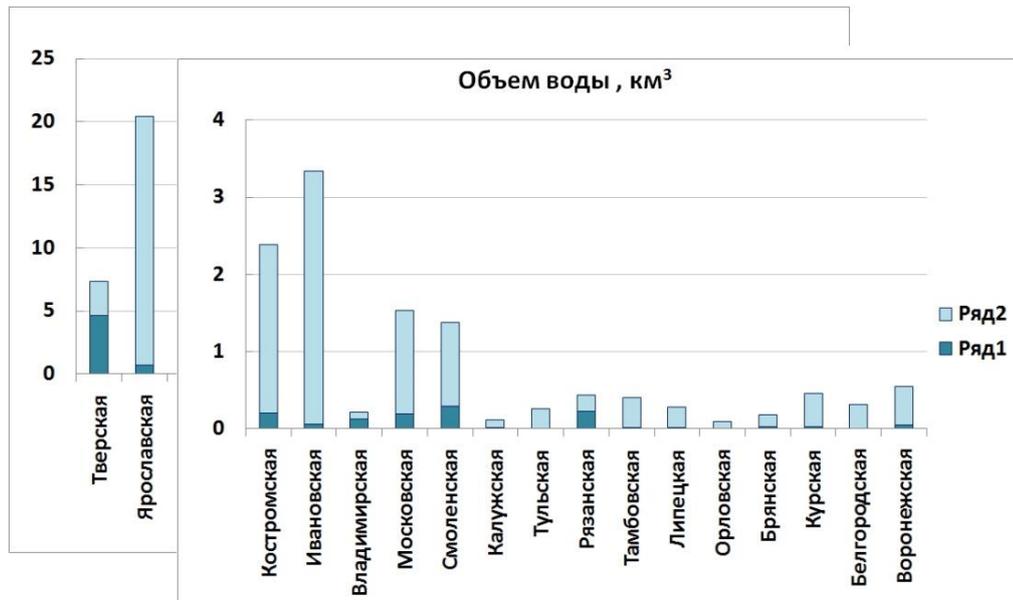


Рисунок 3.8. Объем вод, содержащихся в естественных (ряд 1) и искусственных (ряд 2) водоёмах ЦФО (по субъектам Федерации).

В суммарной площади водной поверхности ЦФО наибольшая роль принадлежит крупным водохранилищам (54%), по 18% приходится на искусственные водоёмы площадью от 0.2 до 100 км² и на озёра с площадями более 0.2 км² (рисунок 3.9). Около 8.5% занимают водоёмы площадью менее 0.2 км², в ЦФО значительная их часть имеет искусственное происхождение. Что касается объёмов заключённой воды, то 2/3 её приходится на крупнейшие водохранилища, приблизительно по 15% на искусственные водоёмы площадью до 100 км² и озёра.

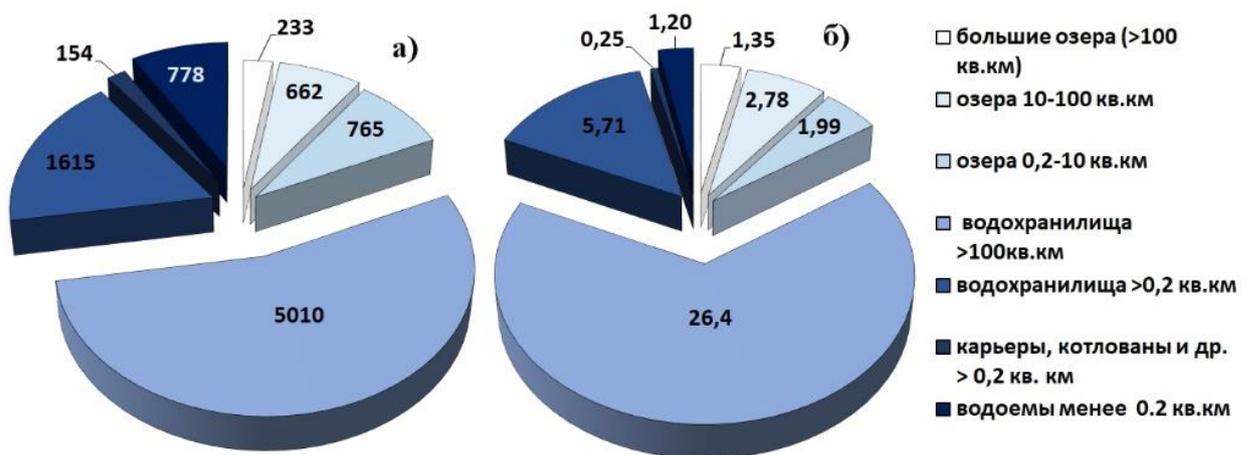


Рисунок 3.9. Распределение ресурсов вод ЦФО в зависимости от их происхождения и размера котловин: а) – площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

Для Приволжского Федерального округа (ПФО) также характерны небольшие объёмы воды, содержащейся в естественных водоёмах, однако, благодаря крупнейшим водохранилищам Волжско-Камского каскада его суммарные водные ресурсы значительно увеличены. Согласно проведённой оценке, в пределах ПФО дешифрируется более 70 000 водоёмов, в том числе

~8130 озёр площадью более 1 га и 112 – более 1 км². Общая площадь водной поверхности составляет для округа 19 234 км², в том числе с учётом лишь водоёмов естественного происхождения – 1058 км², а величина водных ресурсов, соответственно, 131 и 2.47 км³, (в том числе 2.28 км³ – пресных). Благодаря строительству искусственных резервуаров площадь водной поверхности ПФО увеличена на 18 176 км², то есть в 18 раз, а общий объём пресных вод – на 128 км³, то есть в 57 раз. Доля вод, содержащихся в искусственных резервуарах, для Татарстана, Пермского края, Саратовской и Ульяновской областей превышает 99% (рисунок 3.10).

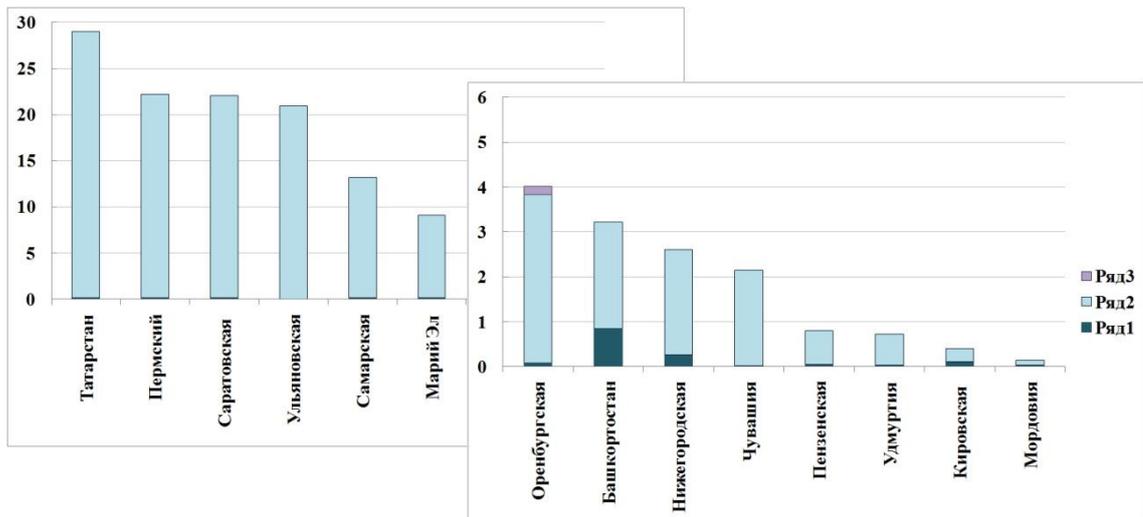


Рисунок 3.10. Объём вод, содержащихся в естественных (ряд 1 – пресных, ряд 3 – солёных) и искусственных (ряд 2) водоёмах ПФО (по субъектам Федерации).

В суммарной площади водной поверхности ПФО основную долю (90.3%) составляют водохранилища (рисунок 3.11), около 85% приходится на 11 наиболее крупных из них, ещё 6% занимают водоёмы площадью менее 0.2 км². Что касается объёмов заключённой воды, то на водохранилища округа приходится 96.8% суммарных водных ресурсов. Больших озёр нет, лишь 5 пресноводных и 2 солоноводных озера имеют площадь, превышающую 10 км² – 3 в Республике Башкортостан, 2 на территории Пермского края, 2 на территории Оренбургской области.

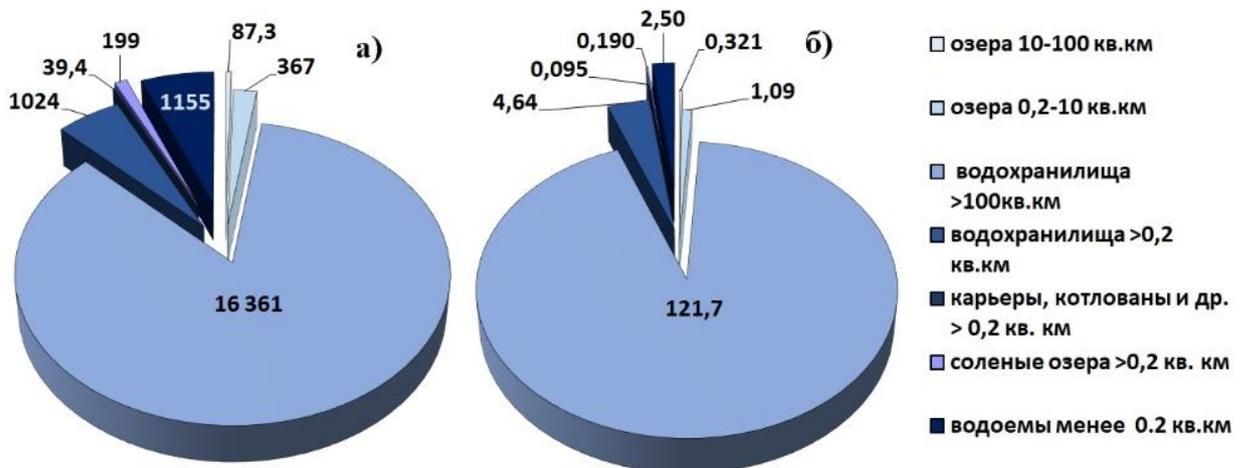


Рисунок 3.11. Распределение ресурсов вод ПФО в зависимости от их происхождения и размера котловин: а) – площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

Южный федеральный округ (ЮФО) также характеризуется невысокими озёрными водными ресурсами. Согласно оценкам, здесь дешифрируется около 25 500 водоёмов различного происхождения, в том числе около 10 000 озёр площадью зеркала более 1 га и 480 озёр более 1 км². Среди них пресных – 5 900 и 170, соответственно. Общая площадь водной поверхности ЮФО составляет более 11 800 км², в том числе с учётом озёр более 4100 км², характерны значительные изменения площади во внутригодовом и многолетнем разрезе, в зависимости от периода водности. Суммарный объём вод в водоёмах округа составляет 57.4 км³, из них озёрных 4.08 км³, в том числе пресных чуть менее 1 км³.

Для восполнения водного дефицита в ЮФО построено большое количество прудов и водохранилищ, водные ресурсы которых активно используются для орошения. Большинство крупных рек соединено системами каналов, используемых для перебросок воды. Благодаря строительству искусственных резервуаров площадь водной поверхности ЮФО увеличена в 2.9 раза, а общий объём пресных вод – в 58 раз. Для Волгоградской обл., Республики Адыгея, Ростовской обл. и Республики Калмыкия объём вод, содержащихся в искусственных резервуарах, составляет более 90% от всех вод, заключённых в водоёмы округа (рисунок 3.12). Для республики Крым характерен значительный объём солёных вод, содержащихся в лиманах и крайне незначительный объём вод в пресноводных озёрах. Преобладание пресных озёрных вод над водами, содержащимися в искусственных водоёмах, характерно лишь для Астраханской области.

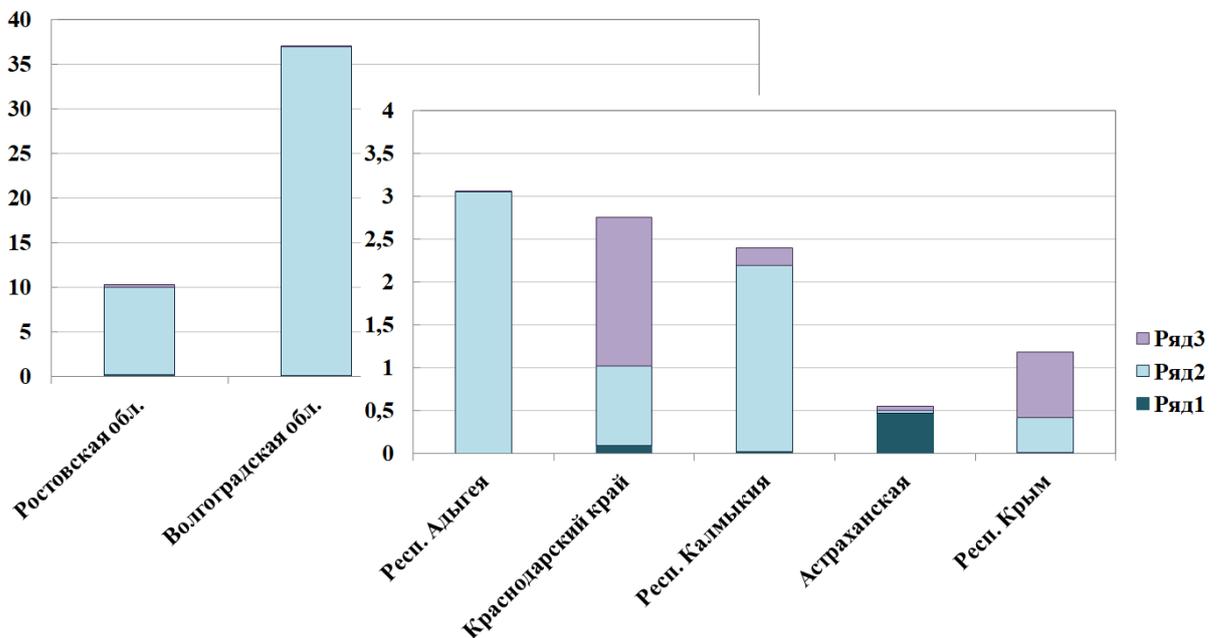


Рисунок 3.12. Объём вод, содержащихся в естественных (ряд 1 – пресных, ряд 3 – солёных) и искусственных (ряд 2) водоёмах ЮФО.

Около половины суммарной водной поверхности ЮФО приходится на крупные водохранилища, ~28% – на солёные озёра и ~7% на небольшие пресноводные. Более 7% занимают водоёмы площадью менее 0.2 км², в ЮФО многие из них являются искусственными. Что касается

объёмов заключённой воды, то на крупнейшие водохранилища округа приходится ~90%, ~5% на солёные и 1.4% на пресные озёра (рисунок 3.13).

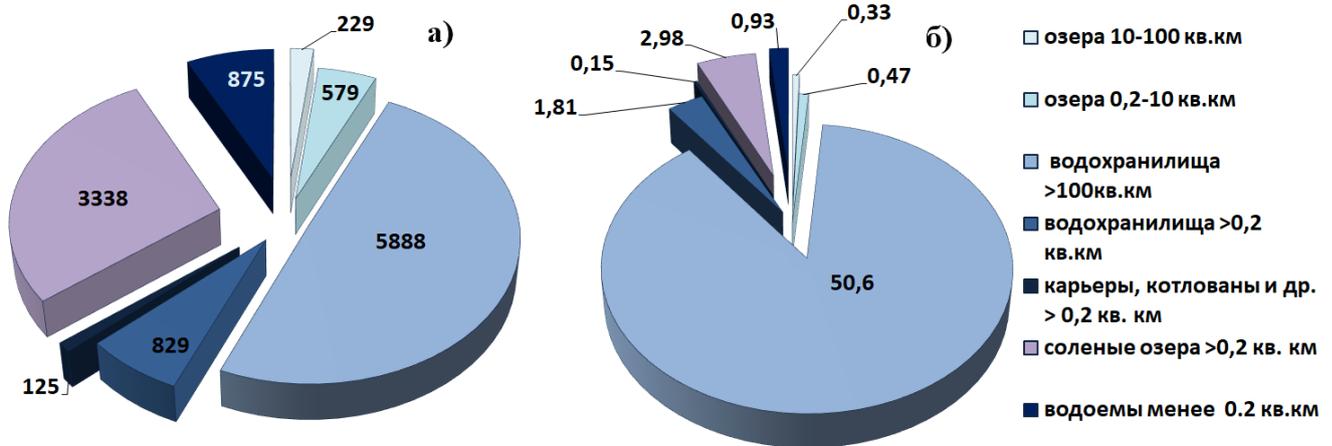


Рисунок 3.13. Распределение ресурсов вод ЮФО в зависимости от их происхождения и размера котловин: а) – площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

В пределах ЮФО наибольшим объёмом вод, содержащихся в естественных водоёмах, характеризуется Краснодарский край, однако здесь преобладают озёра с солоноватой и солёной водой. Суммарный объём озёрных вод края составляет 1.83 км^3 , в том числе лишь 0.1 км^3 – пресные. В Краснодарском крае большая часть озёр представлена лагунами и лиманами, расположенными вдоль побережья Азовского и Чёрного морей.

Водный дефицит присутствует на значительной территории Южного ФО. С продвижением на восток сухость климата усиливается, и растёт минерализация озёр. Наибольшими запасами пресных озёрных вод ЮФО обладает Астраханская область благодаря многочисленным старицам, култукам и ильменям поймы р. Волги. Однако, из-за высоких температур и засушливости климата уже при небольшом отдалении от Волги начинается сухостепная и полупустынная зоны, характеризующиеся практическим отсутствием постоянных озёр и водотоков или наличием чрезвычайно солёных водоёмов, примерами которых являются крупнейшие соляные озёра РФ – Эльтон и Баскунчак.

Наиболее скромными водными ресурсами озёр обладает Северо-Кавказский Федеральный округ (СКФО). Согласно выполненной оценке, здесь дешифрируется около 6000 водоёмов, из которых ~1470 – озёра площадью зеркала более 1 га и 58 – более 1 км^2 . Общая площадь водной поверхности составляет для округа более 1190 км^2 из которых 444 км^2 приходится на естественные водоёмы. Всего в водоёмах СКФО содержится 6.16 км^3 воды, в том числе в естественных – 0.47 км^3 , из них только 0.1 км^3 – пресные. Благодаря гидростроительству площадь водной поверхности округа увеличена в 2.7 раза, а общий объём пресных вод – в 58 раз. Для

Республик Ингушетия, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия, Дагестан и Ставропольского края объём вод, содержащихся в водохранилищах, составляет более 90% (рисунок 3.14).

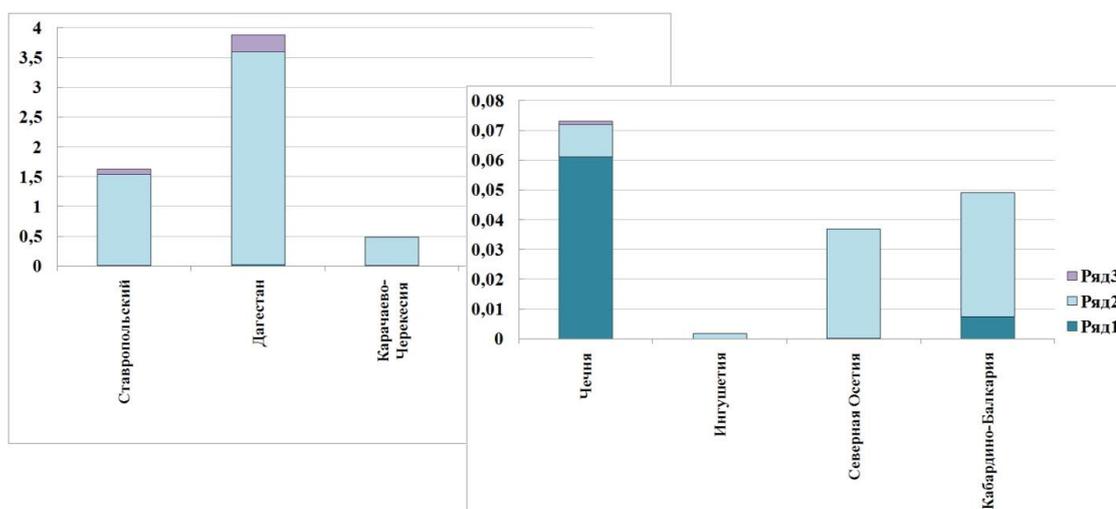


Рисунок 3.14. Объём вод, содержащихся в естественных (ряд 1 – пресных, ряд 3 – солёных) и искусственных (ряд 2) водоёмах СКФО (по субъектам Федерации).

Более половины от суммарной площади водной поверхности СКФО приходится на водохранилища, около 1/3 на солёные и 1% на пресные озёра с площадями зеркала более 0.2 км² (рисунок 3.15). Около 14% занимают малые водоёмы площадью менее 0.2 км². Что касается объёмов заключённой воды, то на водохранилища округа приходится около 90%. Сухость климата и связанный с ней дефицит воды увеличивается по направлению на восток. Для восточной части СКФО характерно значительное количество солёных озёр, в том числе лиманного типа, расположенных на побережье Каспийского моря. Поскольку большую часть округа занимают горы, многие озёра имеют высотное расположение, почти все они характеризуются малыми площадями, самое большое горное озеро Кезеной-Ам имеет площадь 1.7 км².

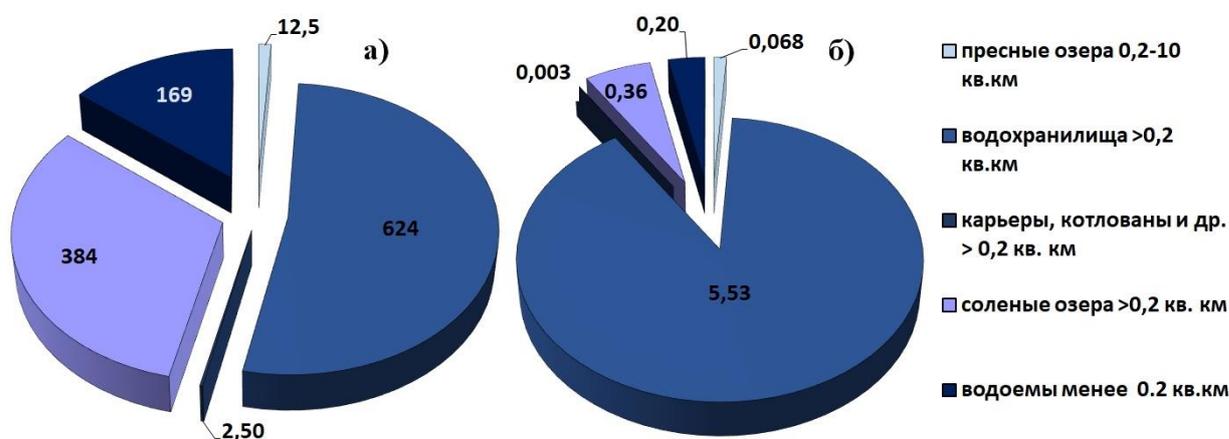


Рисунок 3.15. Распределение ресурсов вод СКФО в зависимости от их происхождения и размера котловин: а) – площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

Как уже выше указывалось, по количеству водоёмов, а также по суммарной величине водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов европейская часть страны существенно уступает азиатской, однако огромными озёрными водными ресурсами АЧР обязана преимущественно громадному запасу воды, содержащейся в оз. Байкал. В пределах азиатской части РФ, согласно выполненной оценке, дешифрируется около 3 140 000 естественных водоёмов, включая ~1 170 000 озёр (площадью >1 га). Наряду с естественными водоёмами здесь дешифрируется более 6000 водоёмов искусственного происхождения. Наибольшими водными ресурсами естественных и искусственных водоёмов до проведённого в ноябре 2018 года преобразования округов характеризовался Сибирский федеральный округ (СФО), а в настоящее время – Дальневосточный федеральный округ (ДВФО) (рисунок 3.16). Без учёта оз. Байкал, в котором содержится 23 615 км³ воды, самые высокие в азиатской части страны запасы озёрных вод имеет Сибирский ФО.

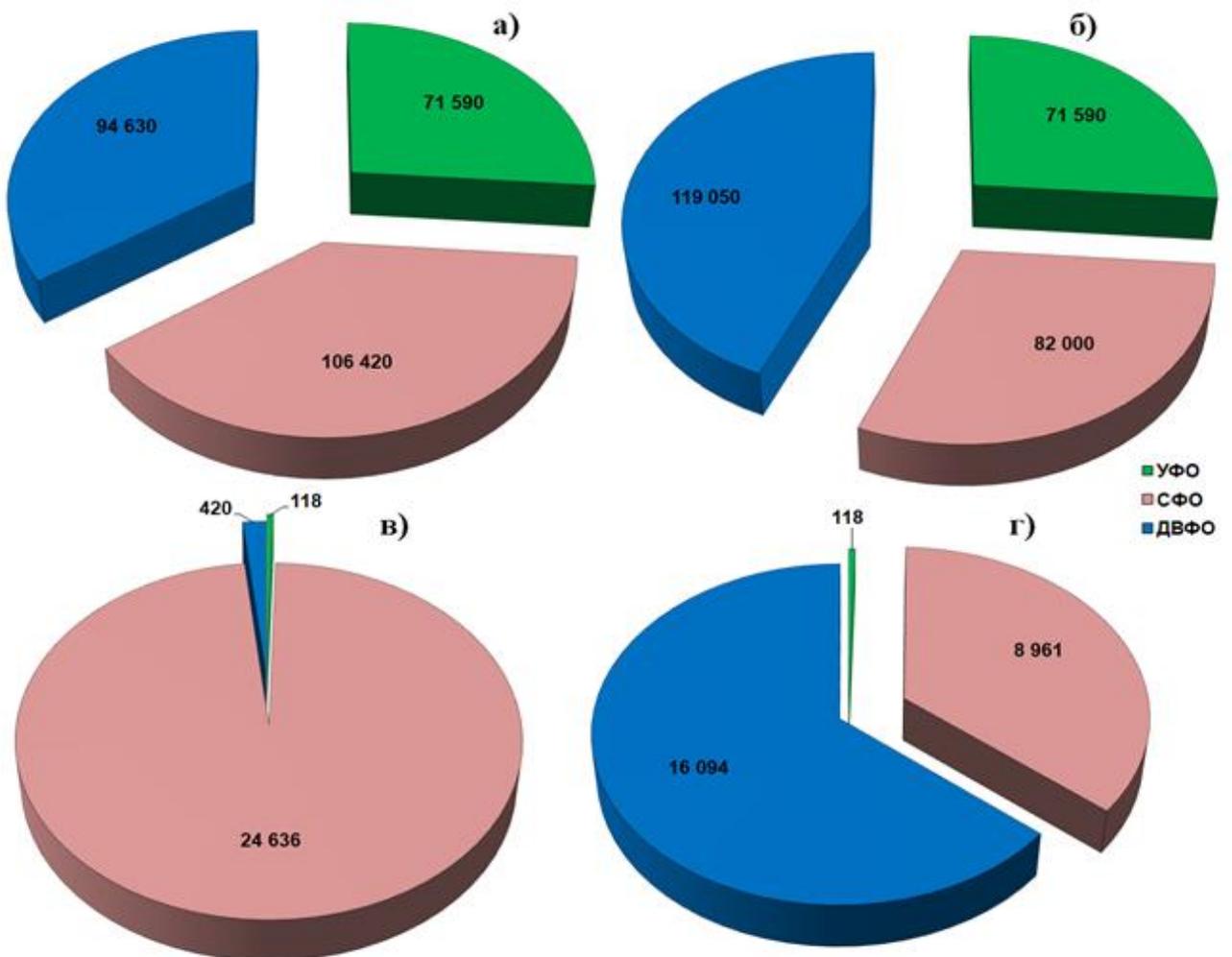


Рисунок 3.16. Распределение водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов по Федеральным округам, расположенным в пределах азиатской части РФ. Площади водной поверхности: а) – в старых и б) – в новых границах округов; объёмы воды: в) – в старых и г) – в новых границах.

По полученным данным, в пределах Сибирского ФО до изменения его границ дешифрировалось более 530 000 водоёмов, среди которых >270 000 озёр площадью зеркала превышающей 1 га и ~5 600 озёр площадью более 1 км². Общая площадь водной поверхности округа составляла более 106 400 км², в том числе естественных водоёмов – чуть более 89 600 км², а объём заключённых в них вод, соответственно ~24 636 и ~24 148 км³. Более 12 км³ воды имели повышенную минерализацию. Объём пресных озёрных вод составлял ~24 135 км³. Благодаря строительству искусственных водоёмов площадь водной поверхности СФО (в том числе за счёт превращения озёр в озёра-водохранилища) была увеличена более чем на 16 800 км², а общий объём водных ресурсов – на 488 км³. После изменения границ округов в пределах СФО осталось более 500 000 водоёмов. Общая площадь водной поверхности сократилась до ~82 000 км², в том числе естественных водоёмов – до ~65 300 км², а объём заключённых в них вод, соответственно до ~8 961 и ~8 473 км³.

Характерной чертой Сибирского ФО является сосредоточение основной массы воды в больших озёрах, прежде всего – в озере Байкал, что наглядно видно из рисунка 3.17. Необходимо заметить, что даже, несмотря на значительные водные запасы озёр Путорана и Телецкого озера, они несопоставимо малы по отношению к байкальским. Доля больших озёр в суммарной для округа площади водной поверхности составляет лишь ~26%, тогда как в суммарном объёме вод – 92.5%. Для СФО характерны и значительные ресурсы вод, сохраняемых в искусственных резервуарах, наибольшие среди всех округов РФ, однако они также практически несопоставимы с общими водными ресурсами естественных и искусственных водоёмов округа. До переноса границ они составляли всего ~2 % от их величины, в настоящее время ~5 %.

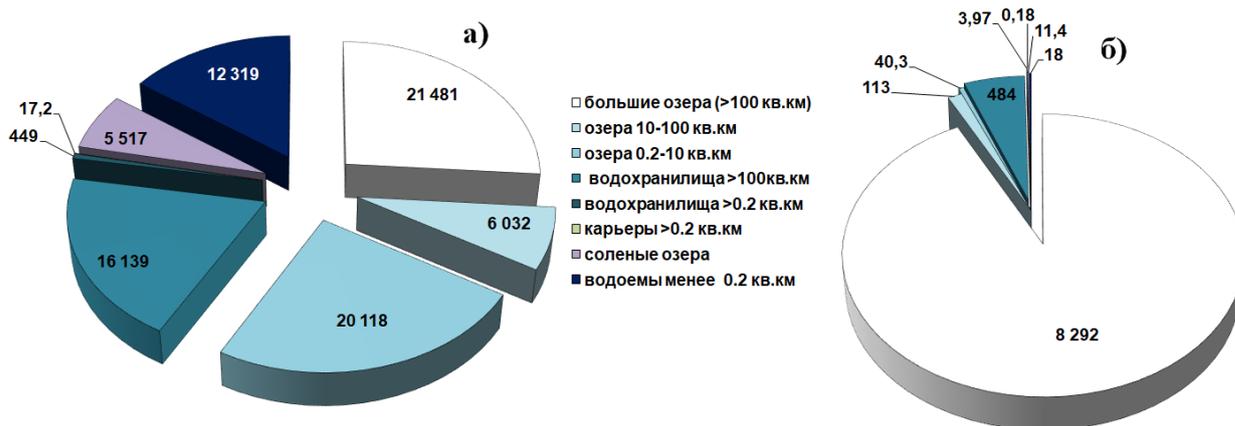


Рисунок 3.17. Распределение водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов СФО в зависимости от размера котловин: а) площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

Среди субъектов федерации, включённых в СФО, наибольшими запасами вод характеризуется Иркутская область. Значительный объём вод сосредоточен в водоёмах Красноярского

края, на который приходится и значительная часть вод, заключённых в искусственные резервуары (рисунок 3.18).

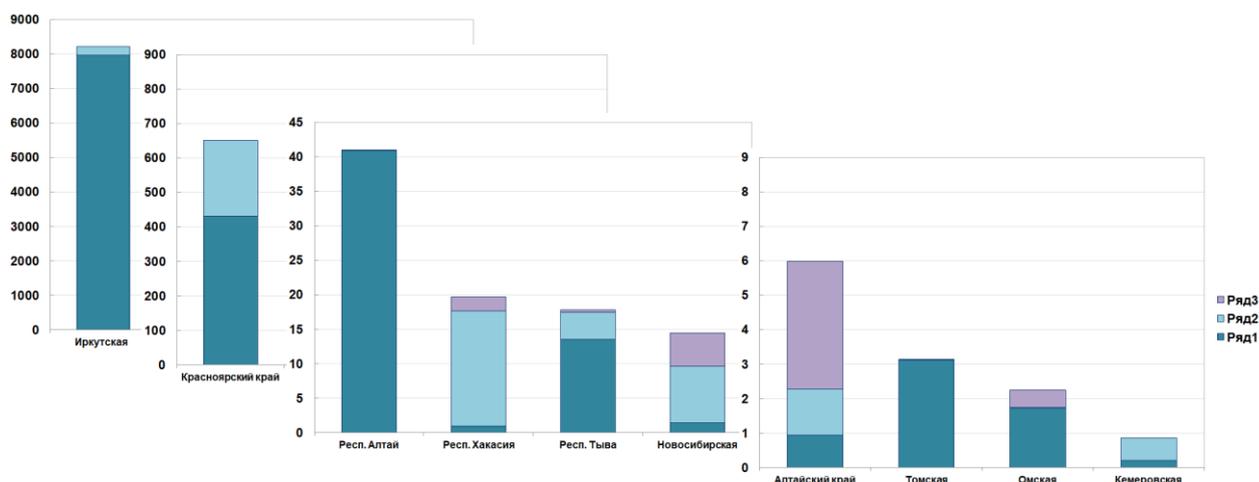


Рисунок 3.18. Объём вод, содержащихся в естественных (пресных – ряд 1, солёных – ряд 3) и искусственных (ряд 2) водоёмах СФО (по субъектам Федерации).

Среди всех федеральных округов России наибольшим по площади является Дальневосточный. Согласно выполненной оценке, в его пределах до изменения границ дешифрировалось около 900 000 водоёмов, в том числе ~380 000 озёр площадью зеркала >1 га и более 11 700 озёр, площадью зеркала более 1 км². Общая площадь водной поверхности округа составляла 94 630 км², а естественных водоёмов – более 88 400 км². В водоёмах ДВФО было сосредоточено 420 км³ воды, в том числе в естественных – 276 км³. Объём пресных вод в озёрах округа составлял ~239 км³. Благодаря строительству искусственных водоёмов площадь водной поверхности ДВФО была увеличена на ~6200 км², а общий объём вод – более чем на 144 км³. Значительная доля прибрежных водоёмов ДВФО соединена с морем и наполнена солоноватыми и солёными водами, суммарный объём которых приближается к 37 км³. После включения в округ Республики Бурятия и Читинской области в его пределах стало около 930 000 водоёмов. Общая площадь водной поверхности возросла почти до 119 000 км², в том числе естественных водоёмов – почти до 113 000 км², а объём заключённых в них вод, соответственно до ~16 094 и ~15 950 км³. Благодаря огромной массе байкальских вод, большая часть которых после включения в состав округа Респ. Бурятия находится в его пределах, доля больших озёр (рисунок 3.19) в суммарной величине водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов ДВФО составила почти 98%. На водохранилища приходится менее 1 % от суммарного объёма вод. Объём байкальских вод в 36 раз превышает суммарный объём вод остальных озёр и водохранилищ (рисунок 3.20).

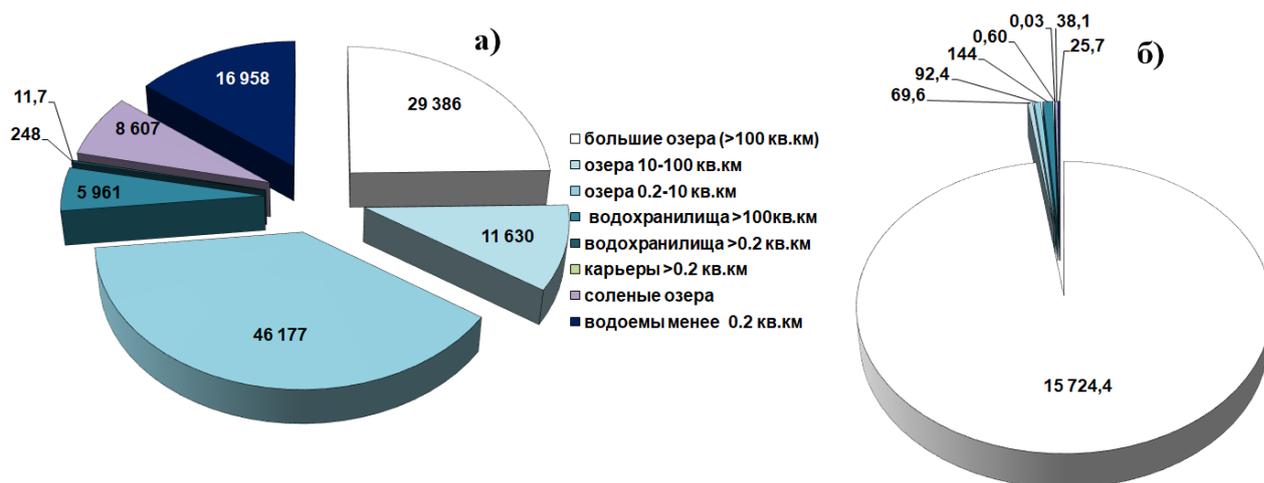


Рисунок 3.19. Распределение водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов ДВФО в зависимости от размера котловин: а) – площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

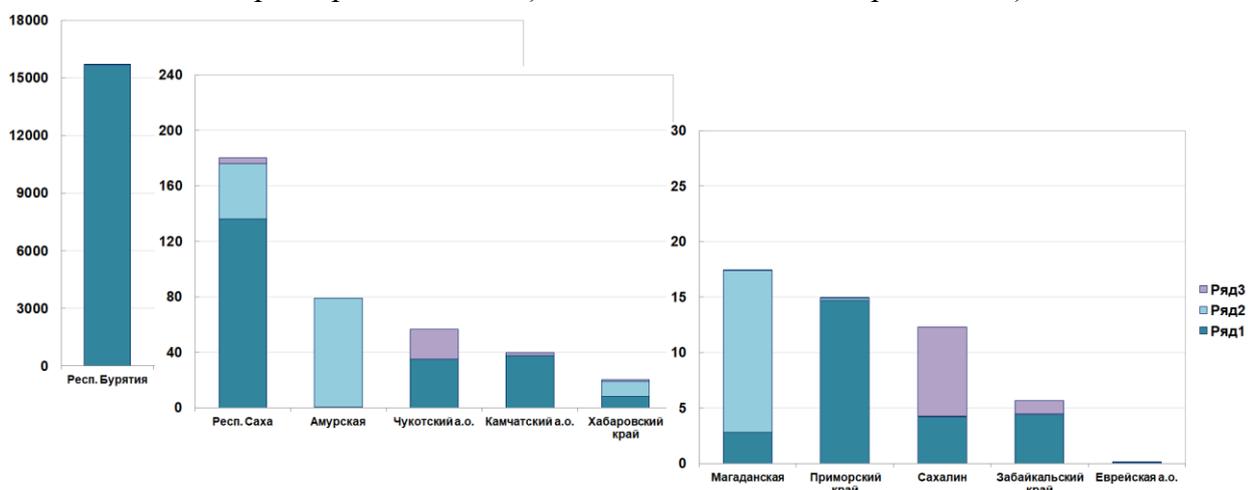


Рисунок 3.20. Объём вод, содержащихся в естественных (ряд 1 – пресных, ряд 3 – солёных) и искусственных (ряд 2) водоёмах ДВФО (по субъектам федерации).

Среди трёх федеральных округов, расположенных в пределах АЧР, наименьшей площадью отличается Уральский (УФО), характеризующийся и наименьшей величиной водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов. Вместе с тем именно на Уральский ФО приходится ~44% всех водоёмов, дешифрируемых на космических снимках. Согласно выполненной оценке, в пределах УФО дешифрируется более 1 700 000 водоёмов, в том числе ~520 000 озёр площадью зеркала >1 га и более 8800 с площадью, превышающей 1 км². Общая площадь водной поверхности округа составляет 71 590 км², в том числе с учётом лишь естественных водоёмов – чуть менее 70 500 км². Суммарные водные ресурсы всех водоёмов – 118 км³, из которых в естественных водоёмах сосредоточено ~113 км³, в том числе ~2.8 км³ вод повышенной минерализации. Благодаря строительству искусственных водоёмов площадь водной поверхности и общий объём водных ресурсов УФО увеличены соответственно на ~1110 км² и ~5.1 км³.

Характерной чертой УФО является большая площадь водной поверхности при относительно небольших водных ресурсах. Повышенная озёрность наблюдается, прежде всего, в северной части УФО, в пределах Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов (средняя озёрность которых составляет соответственно 5.1 и 4.3 %), однако она сохраняет значительные величины и на юге округа. Юго-восток УФО, занимающий юго-западную часть Западно-Сибирской равнины, относится к зонам неустойчивого и недостаточного увлажнения, в связи с сухостью климата, значительная часть расположенных в его пределах водоёмов характеризуется повышенной минерализацией.

Главной особенностью практически всех озёр УФО является их мелководность. В связи с этим, несмотря на значительные площади водной поверхности округа, его водные ресурсы относительно невелики. К тому же в округе невысока доля больших озёр (рисунок 3.21) как в суммарной величине площади водной поверхности (~3%), так и в суммарном объёме вод (8.3%). Значительную часть водоёмов составляют малые озёра с площадями от 0.2 до 10 км², на их долю приходится почти половина суммарной площади водной поверхности и ~45% от величины суммарных ресурсов вод, заключённых в естественные и искусственные водоёмы. На естественные водоёмы, не превышающие по площади зеркала 0.2 км², приходится ещё 31 и 23%, соответственно. Необходимо отметить, что Уральский федеральный округ характеризуется и наименьшим объёмом вод, заключённых в искусственные резервуары (рисунок 3.22), в нём отсутствуют крупнейшие водохранилища, даже самое большое по площади – Аргазинское водохранилище (113 км²) имеет вместимость чуть менее 1 км³.

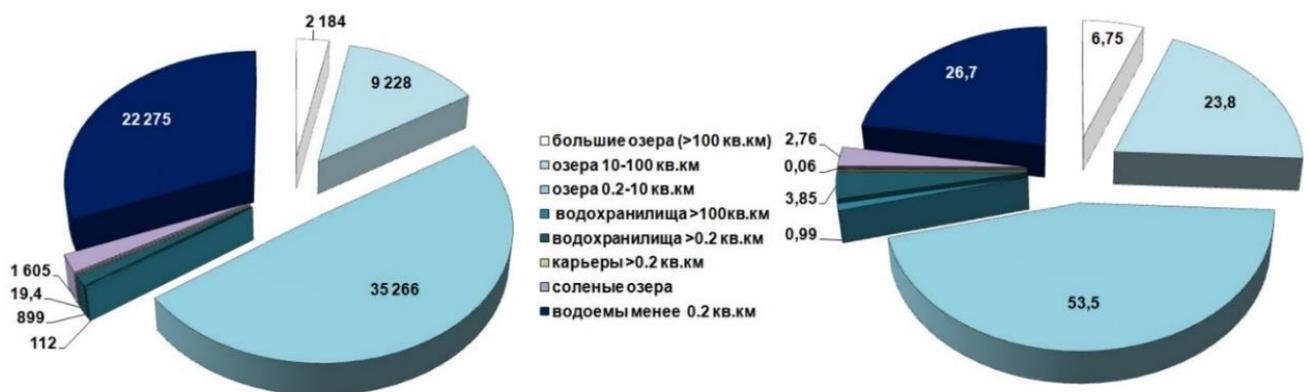


Рисунок 3.21. Распределение суммарных ресурсов УФО в зависимости от их происхождения и размера котловин: а) – площади водной поверхности, б) – объёмы воды.

Подводя итог результатов оценки водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации, выполненной на уровне субъектов Федерации, необходимо ещё раз подчеркнуть слабую согласованность между количеством водоёмов, площадями водной поверхности и суммарными объёмами вод. Данному вопросу будет уделено внимание далее.

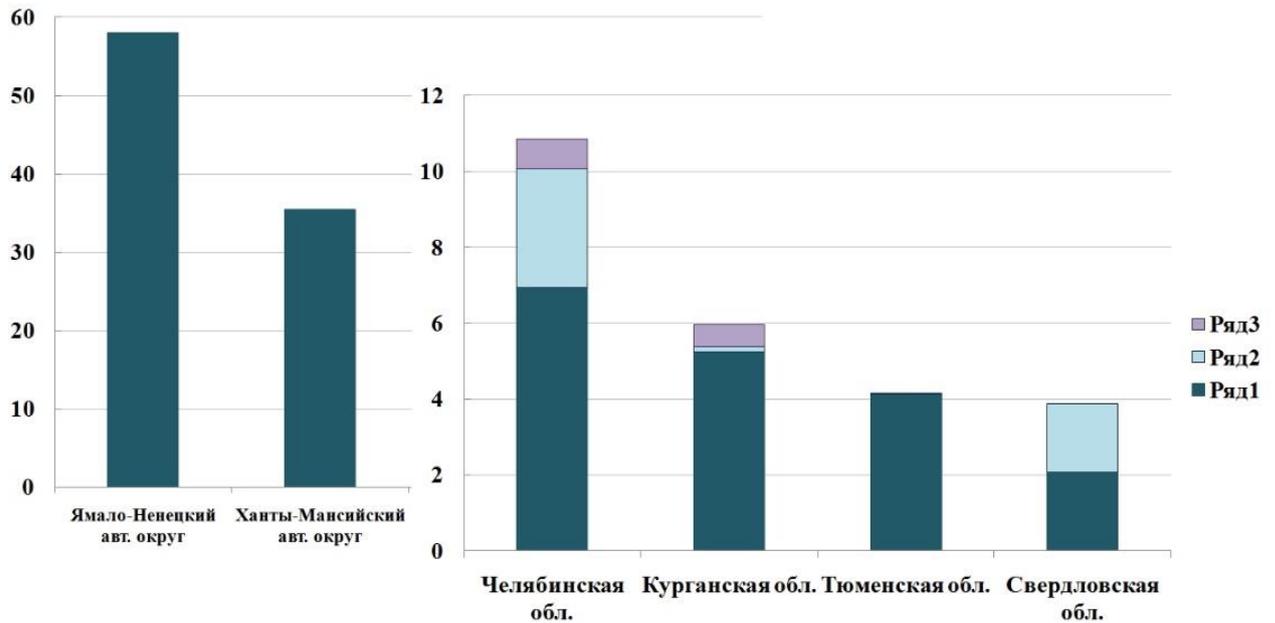


Рисунок 3.22. Объём вод, содержащихся в естественных (пресных – ряд 1 и солёных – ряд 3) и искусственных (ряд 2) водоёмах УФО (по субъектам Федерации).

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

С целью выявления географических закономерностей распределения озёр Российской Федерации было решено провести оценку озёрного фонда не только по субъектам федерации, но и по природно-географическим (озёрным) регионам. С этой целью было проведено районирование страны, в основу которого был положен генетический принцип примерного одновозрастного происхождения большинства озёрных котловин в пределах определённой территории.

Районирование озёр в масштабах страны проводилось и ранее, здесь, прежде всего, необходимо ещё раз вспомнить работу А.П. Доманицкого и др. [Доманицкий и др., 1971]. Однако, при выделении 22 озёрных районов на территории СССР никаких принципов лимнологического деления представлено не было. Поскольку озёра являются составной частью ландшафта, то при районировании озёрных групп, бесспорно, необходимо учитывать физико-географические особенности территории. Анализ условий формирования и распространения различных типов озёрных котловин по территории России свидетельствует, что образование озёр, как правило, связано с геологическими и геоморфологическими процессами. Для большинства регионов страны характерно сочетание котловин различных типов, при этом доминирование какого-либо типа (типов), прежде всего, определяется его геологической историей. То есть, как указывал

еще И.Н. Сорокин [Теоретические..., 1993], «происхождение озёрных котловин и их пространственное распределение является функцией фактора аazonального. С другой стороны, возникшие котловины, чтобы стать озёрами, должны быть заполнены водой, что непосредственно связано с климатом – фактором зональным». Дальнейшее функционирование озёрных экосистем уже определяется целым комплексом природных факторов, из которых зональные лидируют, в том числе принадлежностью к той или иной ландшафтной зоне, являющейся в свою очередь их интегральной характеристикой. Отсюда следует, что при разработке лимнологического районирования следует учитывать сложное сочетание зональных и аazonальных факторов, причём аazonальность может играть ведущую роль в формировании типологического облика озера. Соблюдение этих условий позволяет генетический принцип, позволяющий не только учесть сложное сочетание зональных и аazonальных факторов, но и установить временную точку отсчёта эволюции озёр внутри выделенного региона при энергетическом потенциале тех широт, в пределах которых он располагается. При выделении региона также необходимо учитывать его озёрность, то есть фактическое насыщение территории озёрами. Внутри региона могут наблюдаться определённые различия по ряду компонентов природной среды, однако по основным компонентам, таким как геология и климат, должна наблюдаться определённая общность.

На основе генетического принципа в пределах РФ было выделено 25 озёрных регионов – 11 на территории ЕЧР и 14 на территории АЧР (рисунок 3.23):



Рисунок 3.23. Озёрные регионы Российской Федерации (названия регионов приведены в тексте).

1. Кольский сегмент Балтийского кристаллического щита;
2. Карельский сегмент Балтийского кристаллического щита;

3. северо-запад Русской плиты;
4. прибрежные равнины Карского моря;
5. северо-восток Русской плиты, регион нахождения древних ледниковых покровов;
6. центр Русской плиты, территории значительного распространения ледниковых форм рельефа, оставшихся в наследие московского оледенения;
7. центр Русской плиты, территории деградации ледниковых форм рельефа, оставшихся в наследие днепровского оледенения;
8. средняя часть Волжского бассейна за пределами распространения ледниковых форм рельефа;
9. юг Русской плиты, зона неустойчивого и недостаточного увлажнения;
10. Уральская горная страна (восточный склон);
11. Северный Кавказ и Крымские горы;
12. прибрежные равнины морей Северного Ледовитого океана;
13. прибрежные равнины морей Тихого океана;
14. Среднесибирское плоскогорье;
15. аккумулятивные, аккумулятивно-денудационные и озёрно-аллювиальные равнины таёжной зоны;
16. озёрно-аллювиальные равнины зоны недостаточного увлажнения;
17. межгорные равнины Дальнего Востока;
18. Уральская горная страна (восточный склон);
19. Алтайско-Саянская горная страна;
20. Байкальская горная страна;
21. горные области Северо-Восточной Сибири и севера Дальнего Востока;
22. горные области юга Дальнего Востока;
23. плато Путорана;
24. горы Бырранга и Северной Земли;
25. вулканические области Дальнего Востока.

Первые три региона включают территорию, охваченную последним валдайским оледенением. По своей геологической структуре она подразделяется на Балтийский Кристаллический щит и Русскую равнину, между которыми проведена граница 2 и 3 региона. В то же время кристаллический щит, уже в зависимости от климатических факторов, подразделяется на два отдельных региона – Кольский и Карельский геоблоки. Почти вся территория Кольского геоблока располагается выше северного полярного круга.

Четвёртый и пятый регионы принадлежат северо-востоку ЕЧР, находящемуся в зоне распространения субарктического и умеренного климата и характеризующегося относительно низ-

кими температурами и значительным превышением осадков над испарением, что крайне благоприятного для существования озёр. Причём четвёртый регион включает территории распространения многолетнемёрзлых грунтов и, так же, как и первый регион, практически полностью находится за северным полярным кругом. Северо-восток ЕЧР неоднократно оказывался затронутым четвертичными ледниковыми покровами, однако последнее валдайское оледенение сюда не доходило. Вместе с тем его часть оказалась покрыта обширными приледниковыми водоёмами, образующимися по периферии валдайского ледника. Ещё более обширные приледниковые водоёмы образовывались здесь и в более ранние ледниковые эпохи.

Шестой и седьмой регионы охватывают территории, оказавшиеся под покровом оледенений среднего плейстоцена, в том числе шестой регион находился в зоне распространения московского ледника, имевшего место около 170—125 тысяч лет назад и часто трактуемого как одна из стадий днепровского оледенения, а седьмой – наибольшего по своим размахам днепровского оледенения, имевшего место 300—250 тысяч лет назад. Часть озёр, расположенных на территории охваченной московским оледенением, привязана к ледниковым ландшафтам. В то же время за пределами московского оледенения следы ледника слабо проявляются в современном рельефе, наибольшее распространение в котором имеют эрозионные формы. Границы оледенений были проведены согласно материалам Карты оледенений четвертичного периода России 1:40 000 000 по Атласу СССР [Атлас..., 1983].

Восьмой и девятый регионы расположены на юге Русской равнины, которая, согласно современным геологическим представлениям, в эпоху плейстоцена не оказывалась под сплошным ледяным покровом. В свою очередь граница между регионами проходит по линии раздела между зоной достаточного и недостаточного увлажнения и совпадает с нулевой изолинией разности осадков и испаряемости.

Десятый и одиннадцатый регионы включают горные территории ЕЧР, где значительное влияние оказывает высотная поясность. При этом десятый регион охватывает западную (принадлежащую Европе) часть Урала, а одиннадцатый – северную (принадлежащую России) часть Кавказа и Крымский полуостров.

Двенадцатый и тринадцатый регионы включают прибрежные морские аккумулятивные, водно-ледниковые и озёрно-аллювиальные равнины, неровной полосой протягивающиеся вдоль побережья морей Северного Ледовитого и Тихого океанов. Климатические условия практически всей прибрежной зоны являются благоприятными для существования озёр, значительная часть которых обязана своим происхождением относительно недавним (в геологическом масштабе времени) морским трансгрессиям. 12-тый регион объединяет прибрежные равнины морей Северного Ледовитого океана. Значительную ширину полоса прибрежных равнин имеет на севере Западной Сибири, в районе Северо-Сибирской низменности, вдоль восточной части по-

бережья моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря. К восточной части побережья Восточно-Сибирского моря, а также к побережью Чукотского моря почти вплотную подходят горные хребты, так что полоса озёрно-аллювиальных равнин сужается до 10-15 км. Рельеф Тихоокеанского побережья (13 регион) сильно отличается от рельефа побережья Северного Ледовитого океана, быстрое нарастание высот начинается здесь фактически от береговой линии, так что вдоль побережья практически отсутствуют крупные равнины, исключением являются Западно-Камчатская и Северо-Сахалинская низменности, а также ряд низменностей, расположенных в межгорных понижениях. Остальную часть российского побережья морей Тихого океана окаймляет узкая и часто прерывистая полоса береговых равнин, обычно не превышающая по ширине 5-10 км.

Четырнадцатый регион охватывает равнины и плоскогорья зоны повсеместного распространения многолетней мерзлоты, расположенные в пределах Среднесибирского плоскогорья. Особые условия, определяемые наличием здесь мерзлоты и её значительной мощностью, приводят к формированию криогенных форм рельефа и существенно изменяют процессы просачивания влаги, создавая специфические условия для образования и развития озёр.

Пятнадцатый и шестнадцатый регионы охватывают аккумулятивные, аккумулятивно-денудационные и озёрно-аллювиальные равнины центра и юга Западной Сибири. В отличие от большинства регионов Сибири, где многолетнемерзлые грунты имеют повсеместное распространение и характеризуются значительной мощностью, в центре и на юге Западно-Сибирской низменности вечная мерзлота по большей части отсутствует или имеет прерванное распространение. История развития Западной Сибири в четвертичный период и особенности её рельефа способствовали возникновению на её территории огромного количества озёр, причём не только в центральной части Западносибирской низменности, являющейся регионом избыточного увлажнения, но и на её юге, характеризующемся по своим климатическим характеристикам как регион неустойчивого и недостаточного увлажнения. Граница между регионами совпадает с нулевой изолинией разности осадков и испаряемости, служащей южной границей тайги и проходящей примерно по линии Екатеринбург — Новосибирск (56° с. ш.).

Семнадцатый регион охватывает озёра, расположенные в пределах межгорных равнин южной части Дальнего Востока и включает Верхнезейскую, Амурско-Зейскую, Зейско-Бурейскую, Западно-Приморскую равнины, а также Среднеамурскую, Нижнеамурскую и Эворон-Чукчагирскую низменности. Характерной чертой рассматриваемого региона является абсолютное доминирование озёр гидрогенного происхождения, основная часть которых приурочена к пойме р. Амур и его притоков.

Значительную площадь в пределах российской Азии занимают горные территории. Несмотря на их относительно невысокую озёрность, именно к горным регионам приурочены

наиболее крупные и глубокие озёра России. Наряду с крупнейшими водоёмами здесь находится огромное количество небольших озёр и озерец, крайне разнообразных по своему происхождению. По принадлежности к различным физико-географическим странам в пределах горных территорий российской Азии выделено восемь озёрных регионов: восемнадцатый регион – Уральская горная страна (восточный склон); девятнадцатый – Алтайско-Саянская горная страна; двадцатый – Байкальская горная страна; двадцать первый – горные области Северо-Восточной Сибири и севера Дальнего Востока; двадцать второй – горные области юга Дальнего Востока; двадцать третий – плато Путорана; двадцать четвёртый – горы Бырранга и Северной Земли; двадцать пятый – вулканические области Дальнего Востока. Каждый из регионов характеризуется своими отличительными особенностями, в значительной степени определяемыми геологической структурой, а также климатическими факторами, приводящими в условиях мозаичного горного рельефа к огромному разнообразию озёрных экосистем.

Приведённое разделение территории страны на 25 озёрных регионов дало возможность не только оценить водные ресурсы озёр, расположенных в различных физико-географических условиях, с целью выявления географических закономерностей распределения озёр по территории страны, но и легло в основу двух монографий, посвящённых проблемам изучения озёр Российской Федерации и особенностям функционирования её озёрных экосистем – «Озёра европейской части России» [Румянцев и др., 2015] и «Озёра азиатской части России» [Румянцев и др., 2017], созданных авторским коллективом, включающим В.А. Румянцева, В.Г. Драбкову и диссертанта. Генетический принцип, положенный в основу регионализации и предполагающий примерно одновозрастное происхождение большинства котловин, позволил выявить общие типологические показатели озёр и выделить диапазон их изменчивости, определяемый особенностями внутренней структуры озёрного региона. При громадном количестве озёр путём приведения данных лишь по избранным наиболее лимнологически изученным водоёмам появилась возможность составить представление об озёрах всех выделенных регионов.

Результаты оценки озёрного фонда, выполненной по выделенным озёрным регионам России даны в таблице 3.3. На рисунке 3.24 для наглядности представления показаны обобщённые результаты данной оценки, чтобы снизить количество секторов на диаграммах регионы были объединены с учётом их определённого морфологического единства и относительной схожести климатических условий.

Таблица 3.3. 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 озёр, км ²	Объём всех вод, км ³	Объём только озёрных вод, км ³
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
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

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
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

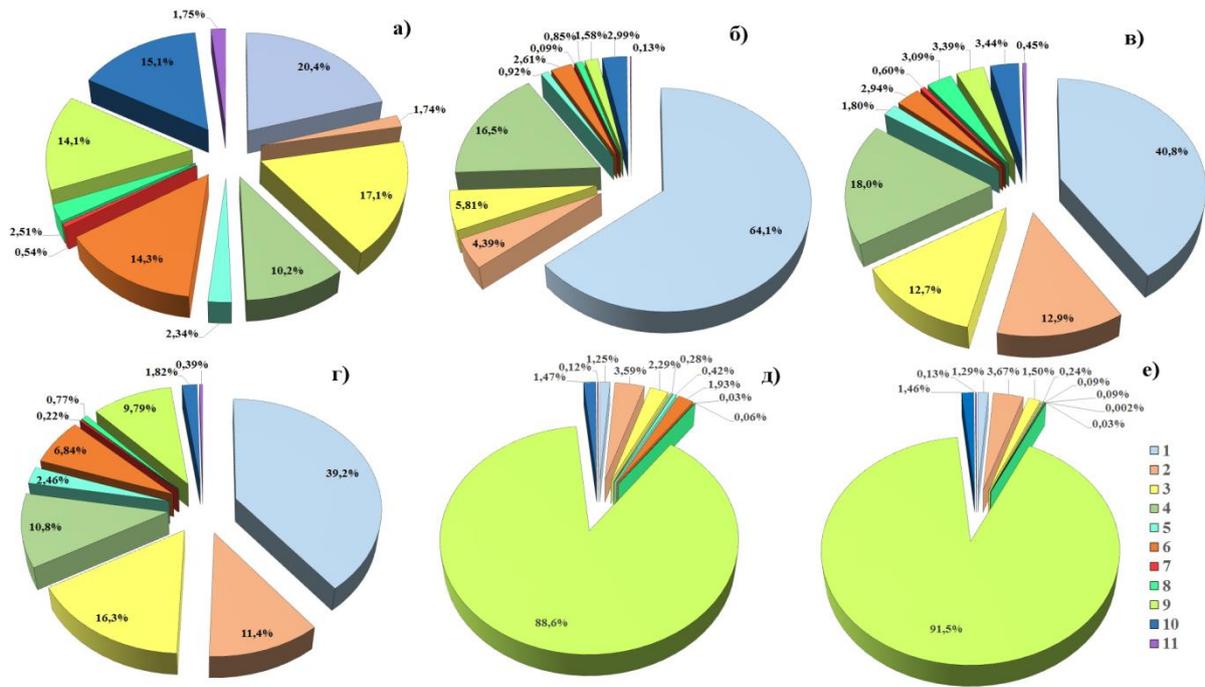


Рисунок 3.24. Распределение водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов по озёрным регионам РФ: а) – площади регионов, б) – общее кол-во водоёмов, в) – кол-во водоёмов площадью >10 км², г) – площади водной поверхности, д) – объёмы воды, е) – объёмы воды только в озёрах.

Условные обозначения: 1 – прибрежные равнины морей Северного Ледовитого и Тихого океанов, 2 – Балтийский кристаллический щит, 3 – Русская плита, 4 – Западно-Сибирская равнина, 5 – Межгорные равнины Дальнего Востока, 6 – Среднесибирское плоскогорье (без Путорана), 7 – горы юга ЕЧР, 8 – Урал, 9 – горы юга АЧР, 10 – горы севера АЧР, 11 – вулканические области Дальнего Востока.

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

- 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 щита (с учётом лишь части объёмов Ладожского и Онежского озёр, расположенных на стыке щита и Русской платформы). С учётом крупнейших водохранилищ объём вод равнинных территорий повышен более чем на 830 км³, благодаря чему их доля в суммарных водных ресурсах озёр РФ поднята до 9.8%.

- Большим запасом вод характеризуются горные территории РФ, где расположена значительная часть наиболее глубоких и вместительных озёрных котловин. В озёрах и водохра-

нилицах 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.

Ниже приводится более подробный анализ распределения озёр по территории страны, обусловленного её физико-географической неоднородностью.

***Территории, находившиеся под покровом валдайского оледенения
(озёрные регионы № 1, 2 и 3)***

Для северо-запада европейской части России, в пределах территорий находившихся в период позднего плейстоцена (80-10 тыс. лет назад), под сплошным покровом валдайского ледника, характерны как наиболее высокие средние значения озёрности по стране, так и значительные запасы вод в водоёмах. Здесь дешифрируется более 220 тыс. водоёмов, в том числе 334 средних (с площадью зеркала от 10 до 100 км²) и 42 больших (превышающих 100 км²). Наибольшим количеством водоёмов характеризуется Кольский сегмент Балтийского кристаллического щита, в то же время наибольшей озёрностью и наибольшими водозапасами отличается его Карельский сегмент, где расположено основное число средних и больших озёр (рисунок 3.25). При выходе на Русскую равнину озёрность резко снижается, озёра располагаются группами, приуроченными к определённым формам постледникового рельефа. В то же время в пределах Русской плиты находится и ряд достаточно крупных озёр, оставшихся на месте обширных приледниковых водоёмов, котловины которых залегают на плоских и слабоволнистых моренных и озёрно-ледниковых равнинах.

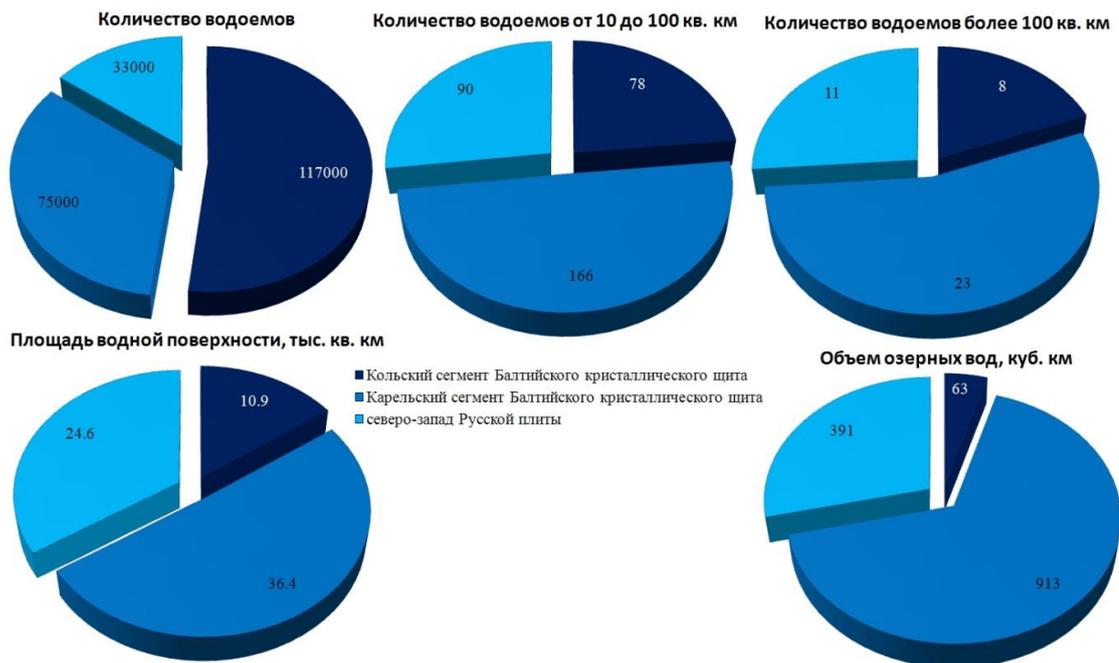


Рисунок 3.25. Озёрный фонд северо-запада ЕЧР в пределах территорий, находившихся под покровом валдайского оледенения.

Большая часть озёр, расположенных на территориях, находившихся в период позднего плейстоцена под сплошным покровом валдайского ледника, имеют ледниковое происхождение. Котловины наиболее крупных и глубоких озёр имеют ледниково-тектоническое происхождение (оз. Ладожское, Онежское, Имандра, Умбозеро, Ловозеро, Топозеро, Пяозеро, Воже, Лача, Кожозеро, Кенозеро и др.). Они образованы в трещинах и сбросах твердокаменных пород и имеют характерную ориентировку – вытянутость вдоль основных разломов земной коры. В период четвертичного оледенения ранее существовавшие котловины были в значительной степени переформированы эрозионной деятельностью ледника. Именно в озёрах, занимающих ледниково-тектонические котловины, в настоящее время сосредоточена основная масса (более 90%) озёрной воды северо-запада ЕЧР. Только на Ладожское и Онежское озёра, котловины которых представляют собой доледниковые тектонические впадины, расположенные в краевой части Балтийского щита на его стыке с Русской плитой, приходится 83% озёрных вод.

В отличие от ледниково-тектонических котловин, обычно отличающихся значительными глубинами, для большинства ледниковых котловин, как появившихся благодаря деформации ледниками земной поверхности вдоль пути их перемещения, так и в результате эрозионной и аккумулятивной деятельности ледника или благодаря подпруживанию речных долин ледниковыми наносами, характерны небольшие глубины, редко превышающие 5-10 метров. Так что даже при значительных площадях таких озёр, объём содержащихся в них вод сравнительно невелик. Преобладающее же большинство ледниковых котловин характеризуется уплощенностью и малыми размерами, так что занимающие их водоёмы мелководны и сильно заболочены. Всего на озёра ледникового происхождения (без учёта озёр ледниково-тектонического происхождения) приходится менее 7% от общего объёма вод, содержащихся в водоёмах территорий, находившихся под покровом валдайского оледенения.

Значительное распространение на северо-западе ЕЧР, в пределах территорий, находившихся в период позднего плейстоцена под сплошным покровом валдайского ледника, имеют гидрогенные и болотные (органогенные) водоёмы. В районах распространения вечной мерзлоты, отдельными пятнами расположенной в тундровом поясе гор Кольского полуострова, а также в торфяных болотах восточнее реки Воронья и к северо-востоку от озера Имандра, встречаются термокарстовые озёра. В пределах Русской равнины распространены озёра карстового происхождения, сконцентрированные в районах распространения легко карстующихся пород, на карбоновых плато, на месте провалов и пустот в известняках. Большинство гидрогенных, болотных, термокарстовых и карстовых водоёмов характеризуется малыми размерами.

Среди общего числа водоёмов, дешифрируемых на территориях, находившихся в зоне распространения валдайского оледенения, около 60% не превышают по площади водного зеркала 1 га. Большинство из них принадлежит к числу гидрогенных, органогенных и карстовых.

Несмотря на свою многочисленность, они вносят лишь незначительный вклад в суммарные водные ресурсы рассматриваемой территории, составляющий лишь десятые доли процента.

Около 2% от суммарных водных ресурсов территорий, находившихся в зоне распространения валдайского оледенения, приходится на искусственные водоёмы, прежде всего на крупные водохранилища, большинство из которых было построено в 1930-60-е гг. XX века с целью обеспечения интересов электроэнергетики. Наряду с водохранилищами речного типа, в пределах Карелии находится и значительное число озёр-водохранилищ, образованных за счёт зарегулирования вытекающих из озёр рек с последующим увеличением их уровня и площади зеркала.

Прибрежные равнины морей Северного Ледовитого океана

(озёрные регионы № 4 и 12)

В отличие от северо-запада ЕЧР, прибрежные равнины морей Северного Ледовитого океана при огромном количестве водоёмов характеризуются относительно невысоким запасом содержащихся в них вод (рисунок 3.26). Практически повсеместно они усеяны густой сетью озёр, значительная часть которых обязана своим происхождением относительно недавним (в геологическом масштабе времени) морским трансгрессиям и сопутствующим им оледенениям.



Рисунок 3.26. Озёрный фонд зоны прибрежных равнин морей Северного Ледовитого океана.

Непосредственно вдоль прибрежной зоны располагаются прибрежно-лагунные водоёмы с солёной водой и близкие к ним морские реликтовые озёра – обособившиеся и опреснившиеся морские заливы. Наряду с прибрежно-лагунными водоёмами, в пределах морских аккумулятивных, водно-ледниковых и озёрно-аллювиальных равнин широко распространены термокарстовые, ледниковые, просадочные, пойменные озёра. Кроме постоянных водоёмов характерно наличие большого количества временных, появляющихся в годы интенсивного снеготаяния. Глубина врезания в материк зоны максимального распространения озёр определяется рельефом и ограничивается высотами в 50-100 метров, на встречающихся близ побережья возвышенностях озёрность резко снижается.

В пределах европейской части России значительной озёрностью отличаются обширные пространства береговых равнин Печорского моря, занятые Большеземельской и Малоземельской тундрами, расположенные в «зоне вечной мерзлоты», имеющей в европейской части страны ограниченное распространение. Наряду с обилием водоёмов, занимающих термокарстовые котловины, широкое распространение здесь имеют старичные озёра, расположенные в долине р. Печора, а также ледниковые и лагунные. Наиболее крупные водоёмы находятся среди водно-ледниковых отложений. Распределение водоёмов по территории относительно равномерно, их значительное количество сконцентрировано в долине р. Печора, но в целом, практически вся поверхность тундры испещрена небольшими водоёмами, её озёрность составляет в среднем около 2.6%.

В пределах азиатской части страны наибольшую ширину полоса прибрежных равнин имеет на севере Западной Сибири, где вдоль берега протягиваются морские аккумулятивные равнины, вышедшие из-под уровня моря лишь в поздне- и послеледниковое время. Морские аккумулятивные равнины занимают практически весь север Западно-Сибирской низменности: большую часть Ямальского, Тазовского и Гыданского полуостровов. Вдоль долин крупных рек плоская равнина, сложенная новейшими морскими осадками, вдаётся в материк на 100—150 км. По мере отдаления от побережья морские аккумулятивные равнины сменяются моренными и водно-ледниковыми, основные черты рельефа которых связаны с покровным четвертичным оледенением. Ширина геоморфологической области морских аккумулятивных и ледниковых равнин Западной Сибири (по меридиану) превышает 750 км и доходит до 64° северной широты.

Средняя озёрность полосы морских аккумулятивных и водно-ледниковых равнин Западной Сибири составляет ~5%, её максимальные значения характерны для речных пойм и низких террас, а минимальные – для дренированных водораздельных пространств. Всего на современных снимках здесь дешифрируется ~1.1 млн. водоёмов, то есть чуть менее половины от их суммарного количества в прибрежной зоне Северного Ледовитого океана и более четверти их общего количества по стране. Около 1/3 от их численности имеют площадь более 1 га, то есть

формально являются озёрами. Особенно много озёр на п-ове Ямал, несколько меньше на Гыданском п-ове, большинство водоёмов приурочены здесь к долинам рек. В центральной части п-ова Ямал расположены и многие крупнейшие озёра, превышающие по площади 100 км² (Яррото 1-ое и 2-ое, Малто (Нейто), Ямбуто, исток р. Сеяха, Ямбуто, исток р. Мордыха, а на Гыданском п-ове – оз. Ямбуто, исток р. Ямбутояха).

Много озёр и в пределах водно-ледниковых равнин, находящихся в материковой части севера Западной Сибири. Они расположены по долинам и в верховьях рек Надым, Пур, Таз, а также в пойме нижней Оби. Здесь преобладают ледниковые (межморенные и остаточные), просядочные и западинные водоёмы, значительную часть озёр можно рассматривать как реликтовые, оставшиеся в наследие от обмелевших крупных позднеледниковых водоёмов. По мере продвижения на юг увеличивается доля речных (гидрогенных) водоёмов, к которым относятся пойменные озёра–старицы и соры – расположенные в низменных участках и долинах рек внутридолинные мелководные водоёмы, наполняющиеся во время весенних разливов. В пределах водно-ледниковых равнин Западной Сибири крупнейшими соровыми озёрами, превышающими по площади в период разлива 50 км², являются расположенные в долине нижней Оби и её притоков Шурышкарский, Куноватский, Зажимчарский, Питлярский и Войкарский соры и озеро Варчато.

Узкая полоса морской аккумулятивной равнины с комплексом криогенных форм рельефа протягивается и у побережья Карского моря, вдоль полуострова Таймыр. Она значительно уступает по озёрности широкой полосе зандровых и ледниково-морских аккумулятивных равнин Северо-Сибирской низменности, отделённой от побережья горами Бырранга и протягивающейся от низовьев р. Енисей до низовьев р. Оленёк. Ширина (по меридиану) полосы зандровых и ледниково-морских аккумулятивных равнин составляет от 300 до 400 км. В её пределах дешифрируется чуть менее 350 тысяч водоёмов, что составляет ~18% от их суммарной численности в пределах прибрежной зоны морей Северного Ледовитого океана. Средняя озёрность полосы зандровых и ледниково-морских аккумулятивных равнин Северо-Сибирской низменности составляет ~3.8%. Здесь преобладают малые, однако встречаются и достаточно крупные озёра, семь из которых превышают по площади 100 км². В силу повсеместного распространения многолетней мерзлоты, большое количество водоёмов имеют термокарстовое происхождение, однако также многочисленны ледниковые (преимущественно остаточные), пойменные и просядочные водоёмы. Вдоль побережья находятся озёра прибрежно-лагунного типа, однако их достаточно мало. В пределах предтаймырского жёлоба, разделяющего Северо-Сибирскую низменность и горы Бырранга, и разломов север-северо-западного простирания, разделяющих Восточный и Центральный Таймыр есть тектонические котловины, заложение которых происхо-

дило на рубеже среднего и позднего неоплейстоцена, примером которых может служить оз. Таймыр.

При дальнейшем движении на восток, полоса прибрежных равнин вновь приобретает значительную ширину вдоль восточной части побережья моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря. Она объединяет здесь озёрно-аллювиальные равнины Яно-Индигорской, Абыйской и Колымской низменностей, сложенные преимущественно четвертичными озёрно-аллювиальными отложениями, а также различного рода морскими, речными и озёрными наносами с высоким содержанием ископаемого льда. Ширина полосы озёрно-аллювиальных равнин составляет здесь (по меридиану) 350-400 км, а вдоль долины р. Колыма она вдаётся в материк на 700 км. В их пределах дешифрировано более 550 тыс. водоёмов, или ~25% от их численности в прибрежной зоне морей Северного Ледовитого океана. Процент малых водоёмов здесь существенно ниже, чем на большей части побережья Северного Ледовитого океана, в то же время возрастает процент относительно крупных водоёмов. Десять озёр превышают по площади зеркала 100 км², а тридцать два – 50 км². Средняя озёрность данных территорий составляет около 8%.

По своему происхождению водоёмы озёрно-аллювиальных равнин Яно-Индигорской, Колымской и Абыйской низменностей представлены прибрежно-лагунными, термокарстовыми и пойменно-долинными озёрами. Вдоль побережья встречаются лагунные водоёмы и близкие к ним морские реликтовые озёра – обособившиеся и опреснившиеся морские заливы. Часто они имеют значительные размеры, среди наиболее крупных – оз. Моготоево, Бустах, Большое и Малое Морские. С углублением в материк наибольшее распространение получают термокарстовые водоёмы, среди которых наряду с небольшими встречается и много достаточно крупных и даже глубоких, приуроченных к участкам вытаявания жильных льдов. Примерами наиболее крупных водоёмов озёрно-аллювиальных равнин севера Якутии могут служить расположенные в пределах Яно-Индигорской низменности оз. Солунтах, Колымской низменности – оз. Павылон и Омук-Кюель, Абыйской низменности – оз. Ожогоино. Большое количество озёр расположено в долинах рек, их особенно много на приустьевых участках, где они называются лыбами. На левом берегу дельты р. Колыма находятся такие крупные озёра, как Нерпичье и Чукочье.

К восточной части побережья Восточно-Сибирского моря, а также к побережью Чукотского моря почти вплотную подходят горные хребты, так что озёрно-аллювиальные равнины лишь узкой (до 10-15 км), порой прерывистой, полосой протягиваются вдоль береговой линии. Лишь в устьевых участках рек, впадающих в Чаунскую губу, а также на небольшом участке побережья западнее Колючинской губы полоса равнин расширяется до 90 и 70 км, соответственно. В данном подрегионе дешифрировано лишь менее 15 тыс. водоёмов, представленных прибрежно-лагунными, термокарстовыми и пойменно-долинными озёрами. Водоёмы термокарсто-

вого происхождения расположены в местах расширения равнинной полосы, кроме того, они приурочены к речной сети, например, к устьевым участкам рек, впадающих в Чаунскую губу. Здесь они сочетаются с пойменно-долинными озёрами. Вдоль береговой полосы расположен ряд лагун и морских реликтовых озёр, часть которых характеризуются значительными размерами. Средняя озёрность рассматриваемой территории существенно ниже средней озёрности по стране и немногим превышает 1.1%.

Рельеф островов Арктических морей сочетает в себе формы современного и древних оледенений. Морские аккумулятивные равнины с мерзлотно-солифлюкционными формами распространены на Новосибирских, Медвежьих и некоторых других островах, однако количество озёр здесь не велико. Острова с преобладанием приподнятого рельефа в значительной степени покрыты льдом.

Большинство озёр, расположенных в прибрежных зонах морей Северного Ледовитого океана характеризуется малыми площадями и незначительными глубинами, составляющими от 1 до 2, и лишь иногда – до 3 и более метров. Даже многие крупные водоёмы имеют относительно небольшие глубины (оз. Голодная Губа – до 7 м, Яротто 1-е и 2-е – до 8 м, Малто (Нейто) – 4 м). Количество глубоких озёр несколько выше на востоке региона. Из-за небольших глубин, несмотря на огромное число водоёмов (~60% от общей численности по стране) и их значительную площадь водной поверхности, суммарные водные ресурсы озёр прибрежной зоны морей Северного Ледовитого океана составляют лишь ~275 км³ (~1% от суммарных водных ресурсов озёр России).

Аккумулятивные, аккумулятивно-денудационные и озёрно-аллювиальные равнины центра и юга Западной Сибири (озёрные регионы № 15 и 16)

В отличие от большей части Восточной Сибири, где многолетнемёрзлые грунты имеют повсеместное распространение и характеризуются значительной мощностью, в центре и на юге *Западно-Сибирской низменности* вечная мерзлота по большей части отсутствует, лишь на севере имея локальное развитие. При этом практически вся низменность характеризуется повышенной озёрностью (средняя озёрность 3.3%), определяемой особенностями её геологического развития. По мере отдаления от морей Северного Ледовитого океана наблюдается плавное уменьшение озёрности от 10-12% на широте 70-71° до ~4% на широте 65°. Затем прослеживается увеличение озёрности до 12% на широте 62°, после чего озёрность опять снижается до 1.5-2% на широте 55-60°. Однако на широте 54° озёрность вновь возрастает до 5%.

Несмотря на повышенную озёрность, из-за небольших глубин большинства водоёмов, расположенных в пределах Западно-Сибирской низменности, суммарные запасы озёрных вод здесь относительно невысоки (рисунок 3.27).



Рисунок 3.27. Озёрный фонд аккумулятивных, аккумулятивно-денудационных и озёрно-аллювиальных равнин центра и юга Западной Сибири (* – регион уже рассматривался и приведён для сравнения)

Фундамент Западно-Сибирской плиты представляет собой «огромную депрессию, разбитую разновозрастными глубинными разломами, и перекрытую сверху мощным чехлом осадочных отложений, начавших формироваться со средней юры» [Исаченко, Шляпников, 1989]. В четвертичный период Западно-Сибирская плита испытывала общее погружение, что способствовало усилению заболоченности её территории. Кроме того, четвертичный период характеризовался и несколькими оледенениями, сопровождавшимися бореальными трансгрессиями, проникавшими до 62-63° с.ш. В результате одновременности оледенений и трансгрессий, рассмотренная нами ранее северная часть Западно-Сибирской низменности периодически покрывалась морскими водами, тогда как на юге, согласно А.И. Попову [Попов, 1949], возникали обширные часто застойные приледниковые водоёмы, образуемые в результате подпора текущих (с юга) и талых (при деградации ледникового покрова) вод. На протяжении ледниковой эпохи имели также место местные частичные подпруживания, образовавшие несколько достаточно крупных водоёмов, которые в позднеледниковое время, в период быстрого таяния мёртвых льдов, должны были достигать значительного развития. Согласно Э.М. Раковской и М.И. Давыдовой [Раковская, Давыдова, 2003], «на свободных ото льда площадях в периоды оледенений происходило глубокое промерзание грунтов и образование многолетней мерзлоты. Во внеледниковых областях шло образование лёссовидных суглинков, укрывающих более древние отложения».

Как результат геологической истории на территории Западносибирской низменности преобладают несколько типов рельефа – морской, ледниковый и озёрно-аллювиальный [Земцов и др., 1988]. На севере, как уже упоминалось, основными формами рельефа являются морские, моренные и водно-ледниковые слабо-эродированные равнины. При продвижении на юг появляются низкие и возвышенные аккумулятивные равнины, которые при выходе за пределы границы распространения ледниковых форм рельефа, сменяются озёрно-аллювиальными равнинами, сформировавшимися в период длительного господства процессов речной и озёрной аккумуляции [Воскресенский С.С., 1962]. История развития Западной Сибири в четвертичный период и особенности её рельефа способствовали возникновению на её территории огромного количества озёр, относящихся по своему происхождению к ледниковому, гидрогенному, органогенному и суффозионному типам.

В пределах центральной части Западно-Сибирской низменности дешифрируется более 600 тыс. водоёмов, из которых лишь ~170 тыс. (28%) имеют площадь зеркала более 1 га. Более 4200 озёр превышают 1 км², 232 имеют площадь от 10 до 100 км², и 3 >100 км². Регион характеризуется достаточно высокой степенью озёрности, составляющей в среднем чуть менее 3%, однако распределение озёр по его территории достаточно неравномерно. Наибольшее количество водоёмов расположено в верховьях правых притоков р. Обь – рек Казым, Лямин, Пим, Тромъеган, Аган, Вах, много озёр и в нижней части бассейна р. Иртыш, р. Конда, а также по левобережью р. Иртыш в пределах Тюменской области, в бассейне р. Тобол и по долине р. Ишим.

На аккумулятивных равнинах широко развиты обширные заболоченные пространства на которых преобладают озёра органогенного типа, сочетающиеся с гидрогенными водоёмами. На севере (до 60°N), где развитие имеет вечная мерзлота, встречаются термокарстовые водоёмы. Для более южных частей характерны озёра, образовавшиеся в результате мерзлотных процессов, развивавшихся в ледниковый период. Органогенные водоёмы лидируют по численности, однако их суммарный водозапас сравнительно невелик. Большое количество органогенных водоёмов расположено на заболоченных водоразделах, в вершинах речной сети, где часто они образуют целые системы. Встречаются озёра различного размера, но преобладают крайне малые, располагающиеся на болотных массивах большими группами (десятками или сотнями). Их площадь обычно составляет от десятых долей до нескольких десятков гектар. Много небольших по размеру озёр находится также на склонах болот и в понижениях рельефа. Есть и крупные озёра, которые чаще всего занимают центральные части речных водоразделов, например, оз. Тормэмтор, Пильтанлор, Сырковое, Самоглор, Ендра, Яхтур, Карпаутур, Нумпо, Имнлор, Сыхтымлор, площади которых превышают 50 км². Около половины крупных озёр находятся в бассейнах рек Конда и Тромъеган [Лезин, Тюлькова, 1994, Лезин, 2011]. По мере продвижения от водораздельных пространств к русловой сети размер озёр уменьшается.

К гидрогенным водоёмам относятся пойменные озёра (старицы, соры) и плёсово-пойменные – озёровидные расширения речных русел и пойм (туманы). Среди наиболее крупных сорных озёр долины р. Обь с площадями более 50 км² – Хайдорский и Большой Казымский сор. Среди крупнейших туманов – Леушинский, Турсунский, Туман, Среднесалтыгинский и Пелымский. Несмотря на наличие крупных сорных и туманов, большинство гидрогенных водоёмов центральной части Западно-Сибирской низменности отличаются небольшими размерами, плоскими котловинами и илистым топким дном, а их глубины обычно не превышают 1 – 3 м. Лишь немногие озёра, расположенные вблизи наиболее крупных рек, имеют глубины от 10 до 20 м и более.

Юг Западно-Сибирской равнины относится к зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения и представляет собой полосу низких и возвышенных озёрно-аллювиальных равнин со сглаженным, слабоволнистым рельефом, местами бугристым с большим количеством неглубоких котловин разнообразных размеров и форм. Границей зоны недостаточного увлажнения является нулевая изолиния разности осадков и испаряемости, служащая южной границей тайги и проходящая примерно по линии Екатеринбург — Новосибирск (56° с. ш.). В пределах южной части Западно-Сибирской низменности дешифрируется более 35 тыс. водоёмов, около половины из которых имеют площадь зеркала более 1 га, более 1600 – превышают 1 км² и 115 имеют площади от 10 до 100 км², 9 озёр и одно водохранилище превышают 100 км². В силу аридности климата и связанной с ней вариативностью площадей озёр, многие малые водоёмы периодически пересыхают.

Средняя озёрность южной части Западно-Сибирской равнины составляет около 2%, однако распределение озёр по территории достаточно неравномерное, так что местами она повышается до 5-8% и более. Большое количество водоёмов имеют воды повышенной минерализации, многие относятся к категории солоноватых. По мере продвижения на юго-восток, с ростом континентальности и засушливости климата число солёных озёр возрастает.

Озёра южной части Западной Сибири представлены реликтовыми, суффозионными, органическими и гидрогенными водоёмами. Реликтовые озёра обязаны своим происхождением влажным этапам четвертичного периода, когда по территории проносились полноводные реки. Одни из них расположены по древним долинам рек или ложбинам стока, другие, остаточнореликтовые, являются наследием огромных древних водоёмов [Осипов, 1960]. Остатками располагавшихся на территории региона в более влажный период огромных водоёмов, распавшихся по мере аридизации климата на отдельные озёра, являются оз. Чаны, Сартлан и Тандово, а также оз. Кулундинское и Кучукское.

Широкое развитие имеют небольшие по своим размерам западинные и просадочные озёра. Они занимают блюдцеобразные понижения местности и образованы благодаря суффозион-

но-просадочным процессам. Чаще всего это солёные, и горько-солёные водоёмы, но есть и временно-пресные. Озёра просадочного типа достаточно быстро заболачиваются [Савченко, 1997]. Среди болотных массивов, имеющих значительное распространение на границе зон недостаточного и избыточного увлажнения, расположены органогенные озера. В отличие от таёжных, органогенные водоёмы юга Западной Сибири характеризуются большей минерализацией. В долинах современных рек располагаются пойменно-долинные озёра, происхождение котловин которых связано с водно-эрозионными и водно-аккумулятивными процессами.

Наряду с постоянными водоёмами на юге Западной Сибири встречается большое количество временных, так называемых «озерин» – урочищ временных водоёмов в низинах и западинах, заполняемых водой весной и обычно высыхающих к началу или середине лета. Процент озерин увеличивается по мере продвижения на юго-восток и возрастания аридизации климата.

Характерной чертой озёр зоны недостаточного увлажнения является значительное изменение площадей зеркала и, соответственно, объёмов озёрных вод как в течение года, так и в многолетнем разрезе. В периоды пониженной водности с падением уровней озёр происходит возрастание их минерализации, так что некоторые пресные озёра превращаются в солоноватые. Ряд средних и малых озёр высыхает или превращается в болота, солончаки или луга. С увеличением влажности наблюдается противоположная картина.

Восточно-Европейская (Русская) равнина (озёрные регионы № 5, 6, 7, 8 и 9)

Восточно-Европейская или Русская равнина, в отличие от Западно-Сибирской низменности, характеризуется резким снижением естественной озёрности сразу за пределами зоны распространения последнего четвертичного оледенения, однако, благодаря строительству искусственных водоёмов суммарные площади водной поверхности и суммарные водные ресурсы на большей её части существенно увеличены (рисунок 3.28).

На *северо-востоке Русской равнины*, фактически сразу за пределами Большеземельской и Малоземельской тундр, расположенных в зоне распространения многолетней мерзлоты, озёрность резко падает. Её среднее значение, несмотря на благоприятные для существования озёр климатические условия, составляет всего ~0.3%. На протяжении четвертичного периода данная территория неоднократно подвергалась ледниковому воздействию, однако талые воды последнего (валдайского) оледенения проникали сюда лишь частично. Так что большинство водоёмов остались здесь в наследие от более ранних ледниковых эпох, когда часть территории находилась под ледниковым покровом и обширное распространение имели приледниковые водоёмы. Так, согласно современным исследованиям и реконструкциям контуров приледниковых озёр [Hubberten et al., 2004; Mangerud et al., 2004; Maslenikova & Mangerud, 2001], на северо-востоке Европы существовал крупный водоём площадью 76 тыс. км², известный под названием «озеро Коми», достигший максимального развития ~80-100 тыс. лет назад.

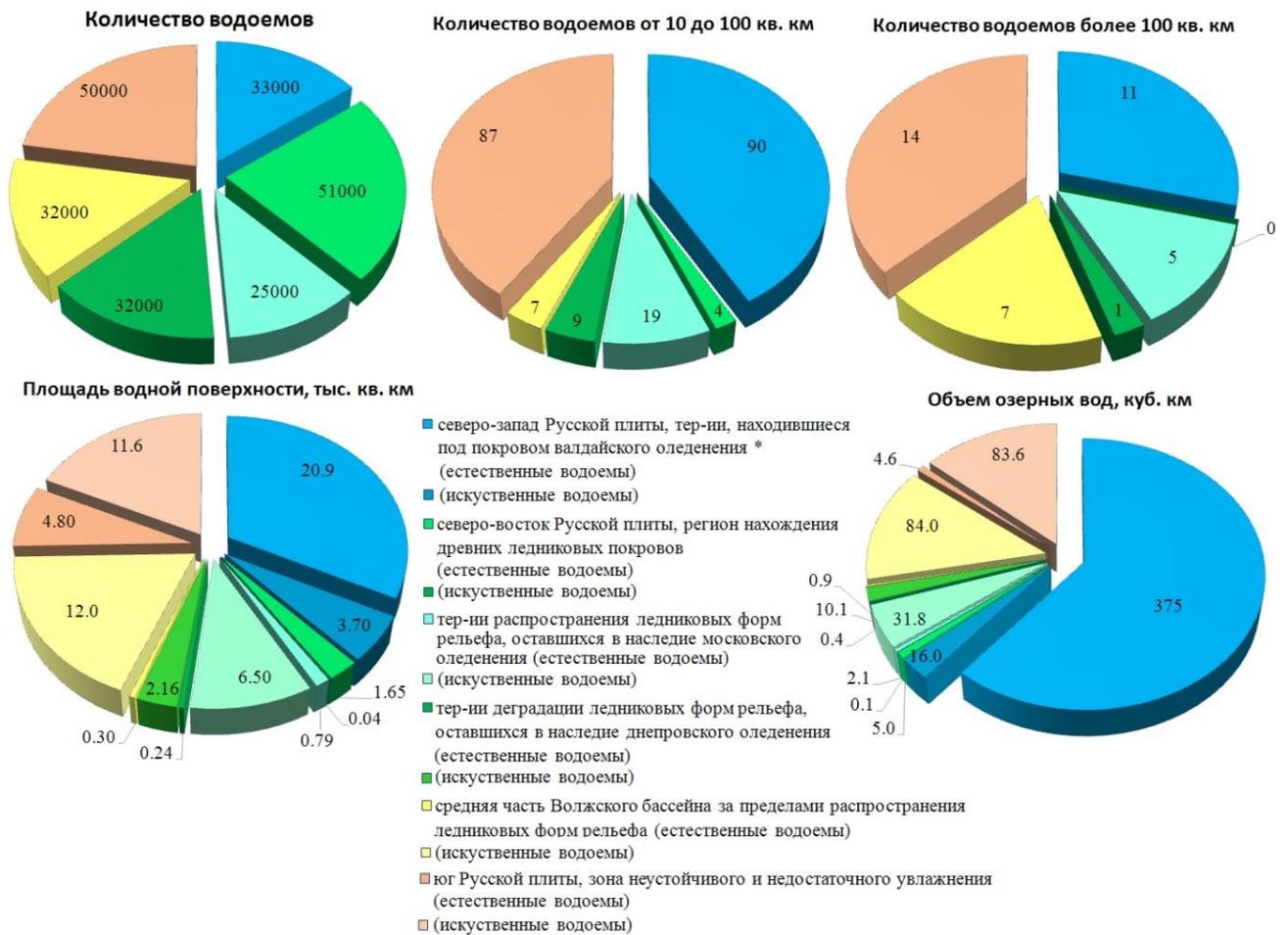


Рисунок 3.28. Озёрный фонд Русской плиты (* – регион уже рассматривался).

Несмотря на низкую озёрность северо-восточной части Русской равнины, общее количество водоёмов, расположенных в её пределах составляет более 50 тыс., однако преобладающее большинство из них имеют очень небольшие площади, лишь около $\frac{1}{4}$ превышают 1 га, то есть формально относятся к категории «озёра», и только около 50 превышают по площади зеркала 1 км². Больших озёр нет, даже к категории средних можно отнести только несколько водоёмов. Наибольшее количество озёр сосредоточено в долинах рек – на поймах или в понижениях надпойменных террас. Озёрность возрастает в северном направлении, в центре и на юге количество озёр резко снижается.

Наиболее крупные озёра северо-восточной части Русской равнины – Ямозеро и Синдорское, наряду с менее обширными озёрами Вычегодской низины и озёрами северной части Пермского края являются реликтами существовавших здесь ранее больших приледниковых водных бассейнов. Наряду с озёрами реликтового происхождения в регионе огромное количество пойменных озёр, тысячами они рассеяны по поймам равнинных рек (Печоры, Вычегды, Мезени, Пинеги и Северной Двины), меандрирующих в пределах своих широких долин. Большое количество озёр расположено среди болотных массивов, такие водоёмы обычно находятся на стадии зарастания. Значительное количество озёр находится и на плоских водоразделах, это

небольшие водоёмы, достигающие порой значительной глубины. К глубоким относятся и карстовые озёра, широко представленные в бассейне р. Вычегды.

Из-за малых площадей большинства водоёмов суммарная площадь водной поверхности северо-восточной части Русской равнины составляет всего около 1.7 тыс. км², а суммарный объём озёрных вод ~4.8 км³.

На рельеф *центральной части Русской равнины* значительное влияние оказали четвертичные оледенения. В целом её поверхность характеризуется невысокой естественной озёрностью (среднее значение ~0.2%), однако на территориях, где *значительное распространение имеют ледниковые формы рельефа, оставшиеся в наследие московского оледенения*, озёрность выше.

В пределах центральной части Русской равнины, находившейся под покровом московского оледенения, дешифрируется около 25 000 водоёмов, из которых лишь около 60% имеют естественное происхождение. Большинство из них имеют незначительные размеры. Озёр площадью более 1 га – около 4 000, а более 1 км² чуть менее 100. Среди естественных водоёмов больших нет, только три озера превосходят по площади зеркала 50 км². Среди искусственных водоёмов площадь зеркала более 100 км² имеют Горьковское, Рыбинское (региону принадлежит его южная часть), Ивановское, Костромское и Угличское водохранилища. С учётом водохранилищ, количество водоёмов площадью от 10 до 100 км² составляет в регионе 19, а более 100 км² – 5. С учётом искусственных водоёмов средняя озёрность региона повышена с 0.2 до 1.8%.

Наиболее крупные озёра региона, обычно относимые к постледниковым, расположены в низинах между моренных гряд и холмов или являются остатками обширных древних ледниковых водоёмов, разливавшихся ранее среди зандровых равнин. Среди них – озёра Неро, Плещеево, Галичское и Чухломское. Большинство постледниковых озёр характеризуется малыми глубинами, их котловины постепенно заполняются илом, многие озёра находятся на стадии зарастания. Относительно глубоких озёр (с максимальными глубинами до 10 и более метров) осталось совсем мало. Целый ряд существовавших в недалёком геологическом прошлом озёр к сегодняшнему дню уже превратились в болота. В настоящее время скорость зарастания и заболачивания постледниковых озёр существенно усилилась за счёт антропогенного фактора.

Если в суммарной площади водной поверхности основная доля в данном регионе принадлежит озёрам, расположенным среди постледниковых ландшафтов, то по количеству абсолютное первенство принадлежит пойменным, старичным водоёмам, расположенным по долинам многочисленных рек, принадлежащих бассейну Верхней Волги, а на западе региона – бассейну Западной Двины и Днепра. В той части региона, где близко к поверхности подходят известняки, имеют место карстовые озёра. Чаще всего такие озёра характеризуются небольшими размерами и значительной глубиной, хоть есть и мелководные карстовые водоёмы, которые часто находятся в стадии активного зарастания. Значительное количество озёр, в том числе с площадями

более 1 км², расположено среди торфовойработки и имеют антропогенное происхождение, в то же время среди торфяных болот находится и ряд естественных водоёмов. Пойменные, старичные озёра характеризуются непостоянством площади, со временем многие из них исчезают, однако, по мере меандрирования русел, появляются новые.

В центральной и южной части Русской равнины, расположенной за пределами границ московского, но в пределах границ днепровского оледенения, средняя естественная озёрность составляет всего лишь 0.06%. Это существенно ниже, чем во всех остальных частях Русской равнины. Несмотря на то, что здесь дешифрируется около 32 тыс. водоёмов (большая часть которых имеет искусственное происхождение), почти все естественные водоёмы имеют незначительные размеры. Больших озёр нет, самые крупные по площади озёра не превышают 5 км². Искусственных водоёмов с площадями от 10 до 100 км² – 9, а более 100 км² – один. Благодаря строительству искусственных водоёмов, средняя озёрность региона повышена на порядок – до 0.6%.

Несмотря на то, что рассматриваемый регион испытал на себе воздействие днепровского (средний плейстоцен), а значительная его часть и окского (ранний плейстоцен) оледенения, их следы слабо выражены в современном рельефе, наибольшее распространение в котором имеют эрозионные формы [Мильков, Гвоздецкий, 1975]. Сильное расчленение рельефа, особенно заметное в центральной и южной части региона, обуславливает повышенный поверхностный сток, что сказывается на практически полном отсутствии на междуречьях озёр. Как результат, регион характеризуется абсолютным доминированием пойменных водоёмов, расположенных по долинам рек, принадлежащих преимущественно бассейну р. Волга, а также, на юге региона – бассейну р. Дон, и на юго-западе – р. Днепр. Большинство пойменных озёр относится к старичному типу. Значительно реже встречаются водоёмы на надпойменных террасах.

На востоке и северо-востоке региона есть территории, напротив, характеризующиеся слабой дренированностью, что вызывает здесь повсеместную заболоченность. Песчаный бугристый рельеф долинных зандров и террас чередуется в данной части региона с обширными болотами, на поверхности которых расположено большое количество озёр органического происхождения. На водораздельных пространствах встречаются и небольшие остаточные водоёмы, расположенные среди торфяных болот, образование которых может быть связано с процессами суффозии (проседанием объёмов торфа). Также, по мнению А.Е. Асташина [Асташин, 2012], в районах, расположенных вдоль границы московского оледенения, присутствуют водоёмы, происхождение которых в своё время было связано с термокарстом.

Для всего региона характерно широкое распространение карстовых процессов, однако наиболее ярко они выражены в его восточной и северной частях. С карстовыми процессами связаны карстовые формы рельефа и карстовые озёра, которые часто занимают водораздельные

или приводораздельные участки. Среди наиболее крупных карстовых озёр – Святое Дедовское, Тосканка, среди наиболее глубоких – расположенные в Пермском крае озёра Роголёк и Белое.

Средняя часть Волжского бассейна за пределами распространения ледниковых форм рельефа занимает восток центральной части Русской равнины в пределах бассейна средней Волги и верхней части бассейна нижней Волги. Рельеф данного региона преимущественно равнинный, на большей части приподнятый, характеризующийся значительной густотой и глубиной эрозионного расчленения речной и овражной сетью, особенно чётко выраженной в правобережье [Мильков, Гвоздецкий, 1975]. Сильное расчленение рельефа обуславливает повышенный поверхностный сток, не создаёт условий для заболачивания междуречий и не способствует формированию озёрной сети.

Средняя естественная озёрность средней части Волжского бассейна составляет всего 0.09%. Здесь дешифрируется около 32 тыс. водоёмов, среди которых все естественные характеризуются малыми размерами. Озёр площадью более 1 га – всего около 3 400, а более 1 км² – 45. Больших озёр нет, большинство даже наиболее крупных не превышают 5 км², лишь озёра Асликуль и Кандрыкуль имеют площади более 10 км². В то же время в регионе находится 5 водохранилищ с площадями от 10 до 100 км² и 7, превышающих 100 км² (Куйбышевское, Саратовское, Воткинское, Чебоксарское, Нижнекамское, Павловское и Сурское). Благодаря водохранилищам, средняя озёрность увеличена в 40 раз до 3.6%.

Также, как и в той части Русской равнины, которая находилась в пределах зоны распространения днепровского оледенения, в средней части Волжского бассейна количественно преобладают водоёмы гидрогенного происхождения. Большинство водоёмов приурочены к пониженным участкам, прежде всего к основным речным долинам с пойменными и надпойменными террасами. Наиболее озёрными являются поймы рек Кама и Белая, в то время как лево- и правобережье Волги и Свияги характеризуются небольшим количеством озёр. Преобладающая часть пойменных озёр относится к старичному типу, некоторые из них являются затонами.

Для Средневолжского региона характерно широкое распространение суффозионных и карстовых процессов, что определяет значительное распространение здесь связанных с ними типов озёр. Озёра суффозионного происхождения встречаются на аллювиальных террасовых толщах Волги и Камы, а в той части региона, где близко к поверхности подходят известняки, имеют место карстовые озёра. Они часто занимают водораздельные или приводораздельные участки. Для многих суффозионных и карстовых озёр характерна значительная глубина (до 20 и более метров), хоть есть и мелководные водоёмы, часто находящиеся в стадии активного зарастания. Также как и пойменные, многие суффозионные и карстовые озёра, прежде всего мелководные, отличаются относительной кратковременностью своего существования. В силу геологических особенностей по количеству карстовых и суффозионных озёр данный регион занимает

лидирующее положение на всей европейской части России. Встречается и небольшое количество озёр, сформировавшихся на месте торфоразработок, а также целый ряд органогенных болотных водоёмов. Наиболее высокой степенью заболоченности характеризуется север рассматриваемого региона и залесённая низменная равнина Заволжья. Ещё одним типом озёр региона являются водоёмы, котловины которых имеют эоловое происхождение. Среди них наиболее часто встречаются междюнные водоёмы с глубинами порядка 2-4 м.

Естественная озёрность юга *Русской равнины*, расположенной в *зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения* существенно выше, чем озёрность средней части Русской равнины, находящейся в *зоне достаточного увлажнения*, и составляет в среднем около 0.6%. В пределах региона дешифрируется ~50 тыс. водоёмов, среди которых лишь около половины имеют естественное происхождение, встречаются как небольшие, так и достаточно крупные, почти всегда отличающиеся малыми глубинами. Озёр площадью более 1 га – всего около 13 000, а более 1 км² – около 600. С учётом искусственных, насчитывается 87 водоёмов площадью от 10 до 100 км², и 14 более 100 км². Среди крупных водохранилищ – Волгоградское, Цимлянское, Саратовское, Пролетарское, Веселовское и Чограйское. Благодаря активному гидростроительству озёрность региона увеличена в 3.4 раза, почти до 2%. Значительное количество естественных водоёмов являются солоноватыми или солёными, в том числе наиболее крупные лагуны и лиманы. В силу аридности климата площадь и солёность большинства из них значительно изменяются во времени. Для многих лиманов характерно также изменение солёности по акватории – в местах впадения водотоков она обычно наименьшая, а по мере удаления может существенно увеличиваться. Пресноводные озёра чаще всего характеризуются небольшими размерами.

Наибольшее распространение в регионе имеют пойменные озёра. В той части региона, которая отличается высокой степенью расчленённости рельефа, большинство из них приурочены к пониженным участкам, прежде всего к основным речным долинам, и представлены озёрами-старицами. На западе региона они расположены в поймах рек Ока, Оскол, Северский Донец, Ворскла, Тихая Сосна, Сейм, Вытебеть. На северо-востоке – в поймах р. Волга, Самара, Медведица, в центральной части – в пойме р. Дон и его притоков. В южной – в поймах р. Кубань, Зап. Маныч, Сал, Терек, Сулак, Самур, а также в Волжской дельте. В летний период большинство стариц вследствие испарения сильно мелеет, ряд – полностью пересыхает, пополнение происходит лишь в периоды дождей.

На общем фоне резко вычленяется подрайон дельты р. Волги, характеризующийся избытком многочисленных стариц, култуков и ильменей, многие из которых имеют значительные размеры. Их распределение по площади дельты неравномерное, наибольшее количество находится в её западной части, наименьшее – в центре. Большинство водоёмов дельты Волги заполнено пресными водами, лишь наиболее удалённые, утратившие питание волжскими водами, ха-

рактируются повышенной минерализацией. В зависимости от того, когда водоёмы лишились пресного питания, они могут находиться в разной стадии засоления, вплоть до превращения их в солёные озёра. Количество высокоминерализованных водоёмов в дельте Волги увеличилось после завершения строительства каскада волжско-камских водохранилищ.

Если в более влажной западной части региона наибольшее распространение имеют пресноводные пойменные озёра, то на юго-востоке, в условиях недостатка увлажнения и существенного превышения испарения над осадками, преобладают высоко минерализованные водоёмы, часть из которых также приурочена к речным долинам, в том числе бывшим. Такие озёра, находящиеся, например, в ложбине древнейшего рукава пра-Волги, являются реликтовыми. Наиболее многочисленна здесь группа Сарпинских озёр, протянувшаяся вдоль подножия Ергеней. Гидрологический режим реликтовых озёр полностью определяется климатическими условиями, их площадь изменчива, питание преимущественно снеговое. В настоящее время озёра Сарпинской системы зарегулированы. Ещё одним примером реликтовых водоёмов являются озёра-лиманы, расположенные в Кумо-Манычской впадине и образовавшиеся после отделения бассейнов Каспийского и Чёрного морей. До создания системы водохранилищ они отличались высокой минерализацией. Среди них озёра Манычской группы, Бурукшунские лимана, группа Состинских озёр.

В той части региона, где близко к поверхности подходят известняки, имеют место карстовые озёра, а на аллювиальных террасовых толщах встречаются озёра суффозионного происхождения. Специфическим видом озёр юго-восточной, наиболее аридной, части Русской равнины являются «степные блюдца», западины, падины и лиманы, занимающие многочисленные замкнутые бессточные впадины среди равнинного практически плоского рельефа.

В прибрежных районах Чёрного, Азовского и Каспийского морей находится большое количество лагун и лиманов. Их особенно много в Краснодарском крае, Крыму и Дагестане. Многие лиманы бывают отчленены от моря, частично или полностью, косами и, таким образом, могут превращаться в озёра. Однако на Кубани лиманами часто называют и озёра речного происхождения, например, разливы рек в котловинном расширении русла или в устье реки, не дошедшей до моря. Самые крупные лиманы рассматриваемого региона – Бейсугский, Ейский и Кизилташский. Все они относятся к категории гидрологически связанных с морем лиманов, уровень воды которых находится в зависимости от уровня воды в море. Однако большинство лиманов региона гидрологически не связаны с морем. Ряд из них являются проточными и имеют пресные воды.

К озёрам, котловины которых имеют тектоническое происхождение, на юго-востоке Русской равнины относятся крупные высоко минерализованные озёра Эльтон и Баскунчак.

Равнинные области Дальнего Востока (озёрные регионы № 13 и 17)

Ещё одним регионом, естественная озёрность которого (2.2%) превышает среднюю по стране являются прибрежные равнины морей Тихого океана. Несмотря на сохраняющиеся благоприятные климатические условия, при удалении от морей Тихого океана озёрность снижается, и уже для межгорных долин юга Дальнего Востока её значения падают до 1.6. Результаты оценки озёрного фонда равнинных территорий Дальнего Востока представлены на рисунке 3.29.

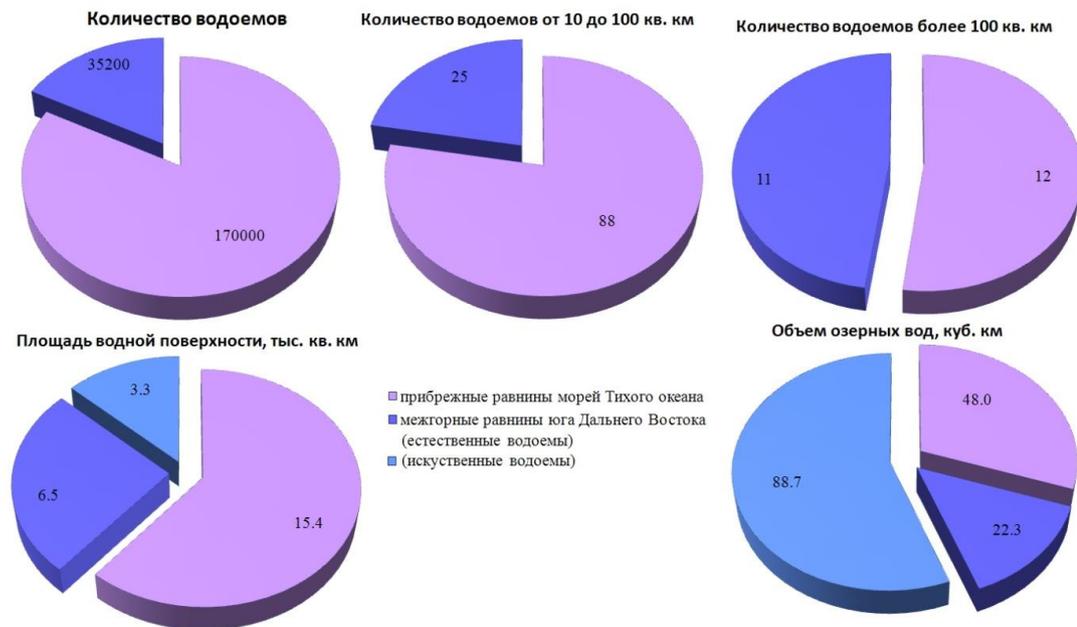


Рисунок 3.29. Озёрный фонд равнинной части Дальнего Востока.

Дальний Восток находится на стыке двух литосферных плит: Тихоокеанской и Евразийской, что определяет горный характер его рельефа, узость прибрежной равнинной полосы, и обуславливает активную тектоническую подвижность данной территории [Гвоздецкий, Мизхайлов, 1978]. *Прибрежные равнины морей Тихого океана*, прежде всего, приурочены к тем участкам российского побережья, где тектоническая активность ниже (Западно-Камчатская и Северо-Сахалинская низменности), или расположены в межгорных понижениях (Анадырская и Центрально-Камчатская низменности). По большей же части побережья полоса прибрежных равнин не превышает 10 км, лишь местами расширяясь до 60-100 км.

В пределах прибрежных равнин морей Тихого океана дешифрируется более 170 000 водоемов, около половины которых имеют площадь зеркала более 1 га и более 11 300 превышают 20 га. 88 озёр, лагун, лиманов и заливов лагунного типа имеют площади от 10 до 100 км² и 12 – свыше 100 км², в том числе 6 озёр. Значительный процент водоемов, расположенных вблизи моря, наполнен солоноватыми и солёными водами.

Наибольшее скопление водоёмов наблюдается в пределах Анадырской, Пенжинской низменностей и Парапольского дола. Повышенная озёрность характерна для прибрежной полосы Берингова моря, где озёра часто приурочены к устьевым участкам рек, побережья полуострова Камчатка, в том числе для Западно-Камчатской и Центральной Камчатской низменностей, северной части побережья Охотского моря (здесь озёра приурочены к устьевым участкам рек или разбросаны по некоторым речным долинам), прибрежной полосы о-ва Сахалин и побережья залива Петра Великого.

Среди озёр региона многочисленны прибрежно-лагунные и реликтовые водоёмы, а также термокарстовые, гидрогенные (пойменно-долинные) и органогенные озёра. Прибрежно-лагунные водоёмы с солоноватой или солёной водой, отделённые от моря узкими песчаными косами из речных и морских наносов, встречаются фактически вдоль всей береговой полосы. Большинство из них характеризуется низкими берегами и небольшими глубинами [Куренков, 2005], однако есть и достаточно глубокие, как расположенное на Камчатке оз. Большой Калыгирь. Ряд лагун, сохраняющих активную связь с морем, называются заливами (зал. Канчалан на Чукотке, зал. Нерпичий на побережье Николаевского залива Охотского моря и др.), те же из них, которые почти утратили её – озёрами лагунного происхождения. Особенно много лагунных озёр близ побережья острова Сахалин. Близки к лагунным и морские реликтовые озёра – обособившиеся и опреснившиеся морские заливы, примером которых является оз. Нерпичье, образующее вместе с оз. Култучное (которое обычно считают его частью) крупнейшую озёрную систему в пределах Камчатки. Среди прибрежных водоёмов встречаются и озёра лагунно-фьордового типа, например – расположенное в северных отрогах Корякского нагорья озеро Пекульнейское. К крупнейшим озёрам лиманного типа принадлежит оз. Ваамочка, отделённое от Берингова моря косой Береговая и соединённое протокой с соседним оз. Пекульнейское. Много лиманных озёр и на западном (охотскоморском) побережье п-ова Камчатка. Наряду с крупными водоёмами на аллювиально-морских террасах, находящихся в зоне приливно-отливного воздействия моря, расположены и небольшие прибрежные водоёмы.

Крайне многочисленны в пределах береговых равнин морей Тихого океана озёра, имеющие термокарстовое и гидрогенное происхождение. Большой процент термокарстовых озёр характерен, прежде всего, для прибрежных равнин Берингова моря, где многолетняя мерзлота имеет практически сплошное распространение. Размеры и глубины большинства водоёмов невелики, мелеющие и высыхающие озёра постепенно преобразуются в остаточные термокарстовые или эрозионно-термокарстовые котловины – аласы. Огромное количество термокарстовых озёр и аласных котловин сосредоточено на обширной *Анадырской равнине*, включающей долину р. Анадырь с её холмисто-озёрными и озёрно-аласными урочищами по надпойменным террасам и пологим предгорьям. Близ речной сети усиливаются процессы протаивания, и термо-

карстовые озёра сочетаются с огромным числом гидрогенных водоёмов. Пойменно-долинные, старично-термокарстовые и термокарстовые озёра распространены по долинам всех основных рек, прежде всего рек Анадырь, Великая и Канчалан, а также Туманская, М. Каргопэльгын, Игэльвеем, Тынгеувеем, Опука, Камчатка, Жупанова и др. Много гидрогенных озёр и в долине р. Камчатка.

Для прибрежной полосы Охотского моря также характерно сочетание озёр гидрогенного (пойменно-долинного) и термокарстового типа, причём по мере продвижения на юг процент последних убывает, и уже на побережье Сахалинского залива, где многолетняя мерзлота практически отсутствует (54.5°с.ш.), наряду с лагунными встречаются лишь гидрогенные и реликтовые (остаточные) озёра [Бугаев, Кириченко, 2008]. На побережье Японского моря, фактически свободном от вечной мерзлоты, широко распространены старичные озёра. Больше всего озёр расположено в долине р. Раздольная, здесь насчитывается более 2000 разнообразных водоёмов, включая солоноватые лагуны и пресные озёра. Много озёр и в долине р. Туманной.

В заболоченных частях побережья, там, где вечная мерзлота отсутствует или имеет локальное распространение широко представлены органогенные водоёмы. Много болотных озёр в пределах Западно-Камчатской низменности, на Парапольском доле и на приморских равнинах восточного побережья полуострова Камчатка.

Межгорные равнины юга Дальнего Востока включают Верхнезейскую, Амурско-Зейскую, Зейско-Бурейскую, Западно-Приморскую равнины, а также Среднеамурскую, Нижнеамурскую и Эворон-Чукчагирскую низменности. В пределах рассматриваемого региона дешифрируется более 35 тыс. водоёмов, большинство из которых не превышают 1 га и формально не относятся к категории озёра, которых насчитывается всего ~13 000. Высокая доля естественных водоёмов малых размеров определяет сравнительно низкий коэффициент естественной озёрности (1.6%), даже несмотря на наличие в регионе такого крупнейшего озёра, как Ханка (при среднем уровне воды имеет площадь зеркала 4070 км²). Лишь ~150 озёр региона превышают площадь 1 км², 25, с учётом искусственных водоёмов, имеют площади от 10 до 100 км² и 11 – более 100 км². Благодаря искусственным водоёмам, прежде всего крупнейшим водохранилищам, как Зейское и Бурейское, общая озёрность региона увеличена до 2.5%.

Характерной чертой межгорных равнин юга Дальнего Востока является абсолютное доминирование озёр гидрогенного происхождения, «морфолитогенез которых определяется динамикой флювиальных процессов в условиях общих тектонических погружений» [Уфимцев и др., 2005]. Основная часть гидрогенных водоёмов, как мелких, так и более крупных приурочена к пойме р. Амур и его притоков. Особенно их много в пределах обширных уплощённых низменностей, расположенных в среднем и нижнем течении Амура – Среднеамурской, Нижнеамурской, а также Эворон-Чукчагирской. Значительное количество озёр расположено и в до-

лине р. Раздольная (юго-восточная часть региона). Многочисленные озёра-старицы встречаются также в долинах рек Партизанская и Милоградовка. Наряду с гидрогенными, среди припойменных озёр есть и водоёмы, занимающие котловины тектонического генезиса. Прежде всего, к таким озёрам относятся наиболее крупные водоёмы региона, такие как Кизи, Удыль, Орель и Чля, «котловины которых приурочены к межгорным впадинам – блокам погружения в растяжениях литосферы на участках контактных частей литосферных плит» [Уфимцев, Иванов, 1991].

На Приханкайской и Эворон-Чукчагирской низменностях встречаются и реликтовые озёра, сохранившиеся в наследие от существовавших ранее более крупных водоёмов. К ним относятся такие большие озёра, как Чукчагирское и Эворон, котловины которых имеют также и тектонический генезис. Для них характерны небольшие глубины (средние глубины немногим превышают 2 м) при значительной площади водной поверхности.

Лишь в северной части региона, где локально присутствует вечная мерзлота [Гвоздецкий, Михайлов, 1978], наряду с гидрогенными имеют место озёра термокарстового происхождения. Они встречаются в пределах Верхне-Зейской равнины, в верховьях реки Депа и в долине р. Зeya на участке между устьями Тыгды и Уркана, а также в пределах Окононской впадины. Наряду с термокарстовыми есть и озёра, занимающие суффозионные котловины. В районе р. Зeya находится много небольших озёр карстового происхождения.

Среди болотных массивов встречаются озёра органогенного типа. Они образуются за счёт активного нарастания торфа на возвышенных участках пойм озёр, рек и междуречий. После отделения от материнского водоёма такие озёра мелеют и, зарастая, принимают округлую форму.

Плоскогорья и горные регионы России (озёрные регионы № 10, 11, 14, 18-25)

Значительную площадь России, прежде всего её азиатской части, занимают возвышенные и горные территории, относящиеся к нескольким физико-географическим странам – Крымско-Кавказской, Уральско-Новоземельской, Алтайско-Саянской, Байкальской, Приамурско-Корейской, Северо-Сибирской и Камчатско-Курильской, а также к Северо-Восточной Сибири и Среднесибирскому плоскогорью. Большинство горных территорий характеризуется относительно невысокой озёрностью, здесь преобладают небольшие озёра и озёрца, многие из которых имеют большие глубины. Однако к горным регионам приурочены и наиболее крупные и глубокие озёра нашей страны.

Озёра горных территорий крайне разнообразны по своему происхождению. Здесь представлены водоёмы, занимающие котловины тектонического, ледникового, ледниково-тектонического, вулканического, завального, гидрогенного, суффозионного, карстового, термокарстового и органогенного происхождения. В большинстве своём – это пресноводные водоёмы, располагающиеся в широких долинах, цирках и карах у верхней границы леса или выше её, рядом с ледниками и снежниками. Часть водоёмов разбросана на высокогорных плато, значи-

тельное количество расположено в межгорных котловинах, часто характеризующихся недостаточной увлажнённой. При наличии стока такие водоёмы могут быть пресными, а при отсутствии – солёными. Наиболее крупных водоёмы горных стран занимают обширные тектонические впадины земной коры, в том числе Байкал, Хантайское и Телецкое.

На горные территории приходится ~1/3 площади России, и, несмотря на то, что в их пределах расположено менее 6% от общего числа водоёмов, здесь сосредоточено более 90% озёрных водных ресурсов. На рисунках 3.30-3.31 представлены результаты оценки озёрного фонда плоскогорий и горных регионов России.

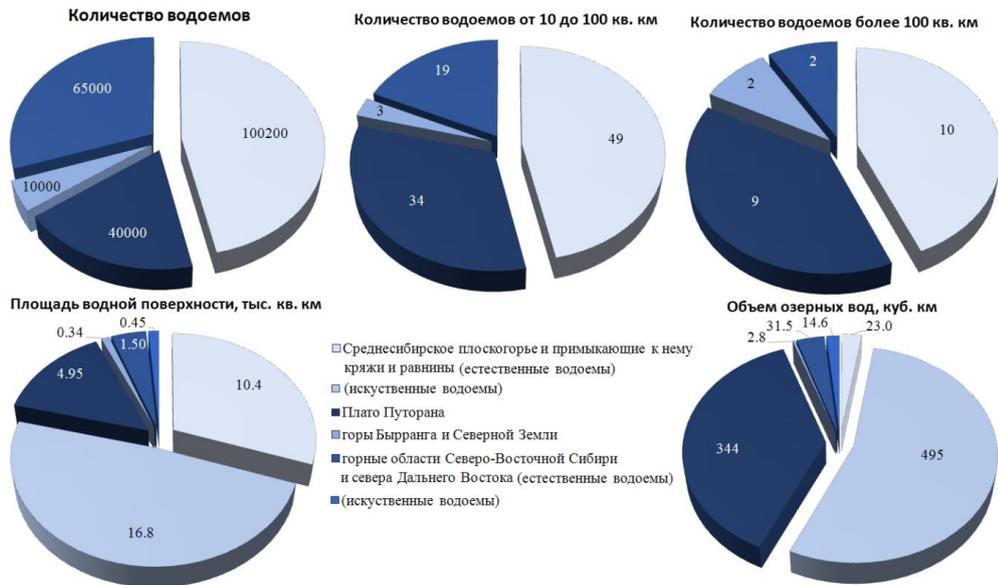


Рисунок 3.30. Озёрный фонд плоскогорий и горных регионов севера России.

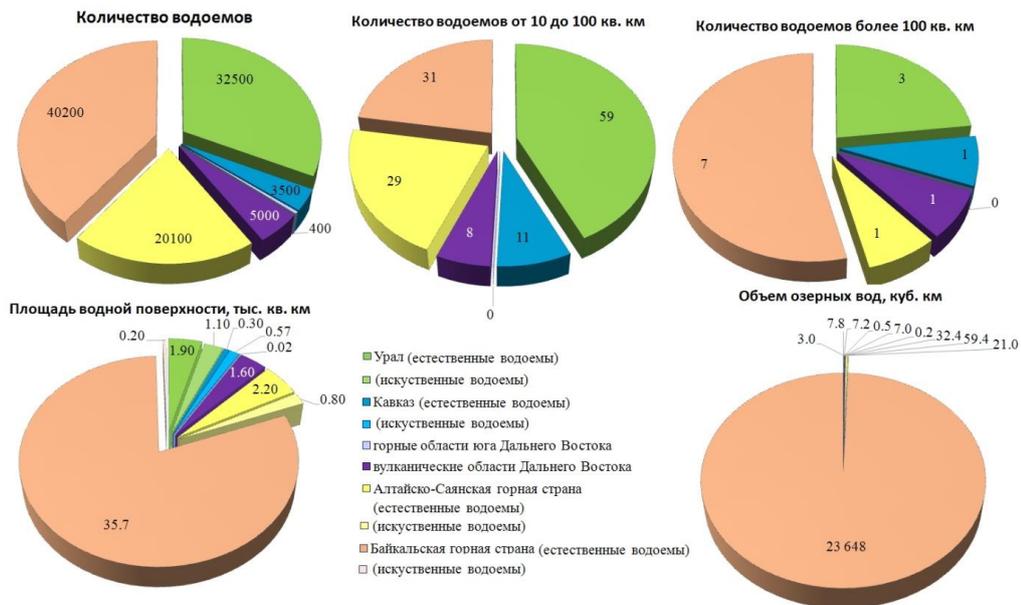


Рисунок 3.31. Озёрный фонд горных регионов центральной, восточной и южной частей России.

Озёрность горных территорий достаточно низкая. На северо-востоке России она резко снижается по мере увеличения высоты местности и отдаления от арктического побережья, омываемого морями Лаптевых и Восточно-Сибирского. На большей части Среднесибирского плоскогорья без учёта площадей искусственных водоёмов естественная озёрность составляет ~0.4%, а в горных областях Северо-Восточной Сибири и севера Дальнего Востока менее 0.1%.

Среднесибирское плоскогорье является одним из крупнейших плоскогорий мира, расположенным в пределах Сибирской платформы. В его северо-западной части находится плато Путорана, которое, благодаря своей геологической истории, специфичности природных характеристик и повышенной озёрности, выделено как самостоятельный лимнологический регион. На севере к плоскогорью примыкают равнины Северо-Сибирской низменности, на юге оно ограничено хребтами Восточных Саян, Прибайкалья и Забайкалья. По западной окраине Среднесибирского плоскогорья протягиваются возвышенности Енисейского кряжа, а в направлении юго-запад – северо-восток от Восточных Саян до верховий Подкаменной Тунгуски по его окраине простирается Ангарский кряж. На юго-востоке расположено Приленское плато. Весь рассматриваемый регион, включающий плато, кряжи и Центральнаякутскую равнину, отличается практически повсеместным распространением многолетнемерзлых пород значительной мощности. Глубина залегания вечной мерзлоты по большей части плоскогорья составляет 200-400 метров, в бассейне р. Вилюй – 600, а в бассейне р. Мархи – 1500 м. Её значительная мощность является следствием местонахождения региона в зоне субарктического и резко континентального таёжного умеренного климатического пояса с неустойчивым увлажнением. Формированию мерзлоты способствуют низкие температуры зимы и небольшая, особенно на востоке, мощность снежного покрова. Как результат, за длительный зимний период горные породы теряют большое количество тепла и промерзают на значительную глубину [Гвоздецкий, Михайлов, 1988].

Несмотря на то, что в условиях равнинного и слегка приподнятого рельефа многолетняя мерзлота обуславливает активное развитие озёр, имеющих термокарстовое происхождение, регион характеризуется достаточно низкой озёрностью, составляющей в среднем около 0.4%. Согласно проведённой оценке, в пределах региона находится более 100 тыс. водоёмов, ~45 тыс. из которых превышают по площади зеркала 1 га, то есть формально относятся к категории «озёра», и ~1 200 превышают 1 км². Скопления озёр приурочены, прежде всего, к Центральнаякутской низменности – к поймам и низким надпойменным террасам р. Лены и её главного левого притока р. Вилюй, где озёрность может составлять 5-7% и более. На возвышенных плато озёр существенно меньше. Больших озёр всего 2, однако в регионе расположен целый ряд крупных водохранилищ страны, в том числе крупнейшие – Братское (полным объёмом 169.3 км³), Красноярское (73.3 км³), Усть-Илимское (58.9 км³), Богучанское (58.2 км³) и Вилюйское (35.9 км³), благодаря чему суммарные водные ресурсы его водоёмов увеличены более чем в 20 раз.

Основное количество озёр Среднесибирского плоскогорья имеет термокарстовое происхождение, кроме того, здесь находится много пойменно-долинных, а также эрозионно-термокарстовых, тукулановых и карстовых водоёмов. Термокарстовые озёра широко представлены «на покровных отложениях древних выровненных денудационных равнин и плато, сложенных осадочными породами, на покровах современных денудационных равнин и плато, а также на средних и высоких террасах крупных рек» [Ксенофонтова, 2009]. Более благоприятные условия для развития термокарста наблюдаются во влажном климате [Родионова, 2013], в районах с засушливым климатом, где испарение с поверхности превышает количество выпадающих осадков, «часто возникают бессточные термокарстовые котловины, в которых происходит постепенное обмеление и высыхание озёр, приводящее к образованию остаточных термокарстовых или эрозионно-термокарстовых котловин, называемых аласами» [Романовский, 1993]. В рассматриваемом регионе, по большей своей части характеризующемся значительной сухостью климата, аласы имеют широкое распространение. Согласно данным В.И. Кравцовой и Т.В. Тарасенко [Кравцова, Тарасенко, 2011], «густая сеть аласов, имеющих диаметр преимущественно от 0.2 до 1 км, характерна для террас реки Вилюй и водораздельных пространств её притоков, а сеть, включающая несколько больших по размеру озёр (диаметром 0.3-3 км) – для древнеаллювиальных песков тукуланов».

Огромное количество озёр Среднесибирского плоскогорья расположено по долинам основных рек, где процессы протаивания происходят более интенсивно и массивы многолетне-мёрзлых пород прерывается. Наряду с термокарстовыми, здесь широко развиты и водоёмы гидрогенного происхождения, обязанные своим появлением водно-эрозионным процессам, и расположенные в пределах русел, древних аллювиальных равнин и на высоких надпойменных террасах. В Центральной Якутии, испытывавшей, «начиная с юрского времени, непрерывные погружения в пределах Вилюйской синеклизы и Приверхоянского прогиба, проходила интенсивная миграция рек и аномальное расширение их долин» [Гвоздецкий, Михайлов, 1978], с чем связано появление многочисленных озёр водно-эрозионного происхождения. Со временем «в формировании котловин таких водоёмов преимущественную роль начинает играть термокарстовый процесс, и многие, прервав связь с рекой, превращаются в аласы» [Пестрякова, 1983].

Тукулановые озёра, расположенные на различных террасовых уровнях, распространены в бассейнах нижнего течения р. Вилюй, в низовьях рек Тюнги и Линде, а также в бассейне среднего течения р. Лена на закреплённых и полужакреплённых тукуланах – массивах перевеваемых дюны песков. Карстовые озёра широко представлены восточнее плато Путорана, а также на территории Приленского плато и часто характеризуются значительными глубинами, составляющими от 20 до 40 м [Нестерева, 2012]. Наиболее глубокое из лимнологически изученных озёр – Муосаны имеет максимальную глубину 64 м.

Единственным горным регионом с озёрностью, несколько превышающей среднюю по стране, является расположенное на северо-западе Среднесибирского плоскогорья *плато Путорана*, характеризующееся и значительными ресурсами озёрных вод (344 км³), Плато представляет собой комплекс высоких плосковершинных горных массивов, появившихся благодаря поднятию древних лавовых плато и покрытых базальтовыми лавовыми потоками, именуемыми сибирскими траппами. Массивы разделены глубокими и широкими ступенчатыми каньонами, образовавшимися в результате гигантских тектонических разломов. Площадь плато Путорана составляет около 250 тыс. км², максимальная высота – 1701 м (гора Камень).

В четвертичный период плато Путорана испытывало активный подъём, интенсивность которого увеличивалась от нижнего плейстоцена к голоцену. Подъём привёл к «образованию радиальной трещиноватости без вертикальных смещений блоков» [История..., 1975]. В западной половине плато, близ тектонического разлома на границе с Западно-Сибирской низменностью, возникла система трещин растяжения [Пармузин, 1964]. Четвертичное время характеризовалось и несколькими оледенениями. Последней фазой деградации верхнеплейстоценового оледенения считается горно-долинная сартанская стадия, её следы, а также более раннего зырянского оледенения хорошо прослеживаются в современном рельефе плато [Ендрихинский, 1972].

В пределах плато Путорана дешифрируется около 40 тыс. водоёмов, ~25 000 из которых имеют площадь зеркала более 1 га и ~300 свыше 1 км², в том числе 34 с площадями от 10 до 100 км² и 9 превышающих 100 км². Несмотря на значительные ресурсы вод, естественная озёрность плато Путорана (~2%) лишь немногим превышает среднюю по стране. Отличительной чертой плато является повышенная озёрность не только выровненных поверхностей, характеризующихся в северных условиях избыточной увлажнённостью, но и горной части, изрезанной бурными водотоками, то есть подверженной интенсивной речной эрозии. На плато находится большое число крупных горных котловин, обязанных своим появлением тектоническим и ледниковым процессам, и огромное количество малых водоёмов самого разного происхождения (термокарстовых, карстовых и гидрогенных).

В силу слабой лимнологической изученности плато Путорана, до сих пор нет единого мнения о происхождении его наиболее крупных озёрных котловин, концентрирующих основные массы воды (~95%). Крупнейшие озёра Путорана, имеющие по разным оценкам тектонические [Пармузин, 1975, 1981] и ледниково-тектонические [Ендрихинский, 1972] котловины, характеризуются узостью и вытянутостью. Полукругом они располагаются по западной, южной и юго-восточной сторонам массива и направлены от его центра к периферии, среди наиболее крупных – озёра Хантайское, Лама, Кета, Мелкое, Виви, Дюпкун, Глубокое, Агата и другие. Максимальные глубины многих путоранских озёр превышают сто метров, причём даже средние

глубины ряда из них составляют более 70 м. На три крупнейших и наиболее глубоких озёра – Хантайское, Лама и Кета приходится более 60% от суммарных запасов озёрных вод Путорана.

Довольно много озёр среднего и малого размера расположено в седловинах между верховьями рек, чаще всего они являются либо трещинными, либо остаточными, образовавшимися в результате тектонической перестройки [Озёра..., 1981]. В горной части Путорана есть озёра, образованные конечными моренами или горными обвалами, и водоёмы, возникшие благодаря подпруживанию рек ледниковыми отложениями. В предгорьях много водоёмов ледникового происхождения, отличающихся относительно небольшими глубинами, наиболее крупные из них – оз. Пясино и Мелкое.

Наряду с глубокими и крупными озёрами плато, более мелкими ледниковыми озёрами предгорий, практически везде в пределах Путорана встречаются совсем небольшие по размерам – термокарстовые, болотные и пойменные водоёмы. Их много в бассейнах рек Норильской, Пясины, Хантайки, Курейки и собственно Енисея, процент термокарстовых озёр резко возрастает у западного подножья плато, в отложениях Норильской долины, проходящей параллельно долине р. Енисей и отчленяющей плато Путорана и Норильское. Значительное число малых озёр расположено также по речным поймам и террасам. За пределами базальтового плато, на карбонатных палеозойских отложениях, протягивающихся вдоль его восточного склона, широко распространены карстовые озёра, образовавшиеся в гипсоносных карбонатах среднего палеозоя [История..., 1981].

Горы Бырранга и Северной Земли, расположенные на крайнем севере страны и относящиеся к Таймыро-Североземельской складчатой области, характеризуются низкой озёрностью (0.3%). Горы Бырранга представляют собой полосу низкогорий (максимальная высота 1125 м), протянувшихся на 1100 км с юго-запада на северо-восток полуострова Таймыр. Они образованы системой параллельно или конусообразно расположенных гряд высотой 250-400 м и обширных волнистых плато высотой до 700-1000 м, их рельеф представлен комплексом горно-ледниковых нивальных и мерзлотных форм. Низкогорные массивы занимают и большую часть островов Северной Земли (максимальные высоты на о-ве Октябрьской Революции — 965, на о-ве Большевик — 935 м). Благодаря расположению в арктических широтах, горы Бырранга и Северной Земли характеризуются значительной площадью современного оледенения.

Всего в пределах гор Бырранга и Северной Земли (включая предгорья) дешифрируется около 10 000 водоёмов, из которых ~4 500 имеют площадь зеркала более 1 га и лишь 25 – превышают 5 км². Большинство озёр сосредоточено в предгорной части. Среди наиболее крупных озёр материковой части – оз. Прончищева с площадью зеркала 38 км², а островной – расположенное на о-ве Большевик оз. Спартаковское с площадью ~60 км².

В силу климатических особенностей, в горах Бырранга преобладают небольшие водоёмы, занимающие котловины термокарстового происхождения. Вместе с тем, ряд озёр, в том числе большинство крупных, занимают тектонические котловины, заложение которых происходило на рубеже среднего и позднего неоплейстоцена (150-70 тыс. лет назад). Их примером могут служить оз. Левинсон-Лессинга, Щель и Горное, лежащие в узких, глубоких котловинах, «расположенных на оси максимального поднятия хребтов восток-северо-восточного простирания и приуроченных к трещинам растяжения субмеридионального простирания» [Большаинов и др., 2009]. Ряд озёр региона имеют смешанный генезис. Они занимают котловины тектонического заложения, но их появление связано с процессами вытаявания подземных льдов. Среди озёр, в формировании котловин которых принимали участие ледниковые процессы – оз. Провал, входящее в группу Астрономических озёр [Большаинов, Павлов, 2004].

Небольшое количество озёр, обычно не превышающих по площади 3 км², есть и на непокрытой льдом части островов архипелага Северная Земля. Озёра архипелага в основном расположены у краёв ледников и часто обязаны своему происхождению перекрытию ледниками устьев заливов. В этом случае они напоминают лагунные озёра с солоноватой водой. Самое крупное озеро — Спартаковское, находится на острове Большевик и имеет площадь около 60 км².

Низкой озёрностью характеризуются и *горные области Северо-Восточной Сибири и севера Дальнего Востока*, на тысячи километров простирающиеся на восток от нижнего течения Лены и её притока Алдана почти до Тихоокеанского побережья. От побережья морей Тихого и Северного Ледовитого океанов их отделяет узкая, лишь местами расширяющаяся полоса береговых равнин. Орография региона чрезвычайно сложная, она включает ряд горных систем и плоскогорий, а также многочисленные хребты, горные массивы, впадины и котловины. Почти весь регион расположен в пределах арктического и субарктического климатических поясов. Его климат суровый, резко континентальный, обусловленный значительной приподнятостью территории и, за исключением береговых хребтов, – изолированностью от воздействий морей Тихого океана. Количество годовых осадков небольшое, и, за исключением наветренных склонов Тихого океана, не превышает 400 мм. Практически повсеместное распространение имеет многолетняя мерзлота, мощность которой в северных и центральных районах местами превышает 500 м, а в горных областях составляет от 200 до 400 м. Мерзлота прерывается лишь под крупными озёрами, руслами рек, а также из-за повышенного теплового потока – в зонах интенсивных разломов горных пород [Гвоздецкий, Михайлов, 1978]. Характерной чертой региона является широкое распространение подземных льдов, оказывающих существенное влияние на режим рек и озёр, с процессами их таяния связано образование термокарстовых котловин. Климатические

условия наиболее высоких хребтов региона способствуют формированию ледников, центры значительного оледенения располагаются в хребте Сунтар-Хаята и в Буордахском массиве.

Несмотря на холодный климат и значительную распространённость многолетней мерзлоты, коэффициент озёрности горных областей Северо-Восточной Сибири и севера Дальнего Востока чрезвычайно низкий (~0.07%). В то же время общее число, дешифрируемых здесь озёр, приближается к 65 тыс. Однако их размеры преимущественно небольшие, лишь около 600 озёр имеют площадь более 1 км² и лишь 20 превышают 10 км².

В пределах горных областей Северо-Восточной Сибири и севера Дальнего Востока встречаются озёра гидрогенного, термокарстового, ледникового, тектонического и ледниково-тектонического происхождения, реликтовые, завально-запрудные и кратерные. Значительная часть водоёмов расположена по долинам протекающих в регионе рек и относится к пойменно-долинному типу. Термокарстовые озёра широко представлены на покровах современных плато, а также на средних и высоких террасах крупных рек. Много термокарстовых озёр и в пределах Чаунской, Нижне-Анадырской, Ванкаремо-Амгуэмской, Раучуанской впадин, а также вдоль основных рек региона, где процессы протаивания происходят более интенсивно. Здесь они сочетаются с большим числом гидрогенных водоёмов. Зимой большинство термокарстовых озёр полностью промерзает. Поскольку значительная часть региона характеризуется засушливым климатом, в его пределах также много бессточных термокарстовых котловин, в которых происходит постепенное обмеление и высыхание озёр, приводящее к образованию аласов.

В среднегорье и высокогорье распространены озёра, имеющие тектоническое происхождение, благодаря ледниковой деятельности, сохраняющейся до настоящего времени, много и озёр ледникового происхождения. Значительная часть ледниковых озёр образована моренами древних ледников, как например у озёр Малык, Момонтай, Джека Лондона, Танцующих Харисов и др. Примерами озёр ледниково-тектонического происхождения являются оз. Лабынкыр [Пестрякова и др., 2009], а также Илирнейские и Эликчанские озёра. Среди относительно крупных (превышающих 10 км²) горных озёр региона, расположенных в межгорных впадинах – оз. Пычгынмыгытгын, Янранайгытгын и Эрвынайгытгын. В низкогорье, в центре небольшой межгорной депрессии в бассейне р. Ланковая, находится и одно из наиболее крупных озёр – Чистое (площадь зеркала >40 км²). Кратерное происхождение имеет крупнейшее озеро Эльгыгытгын, расположенное на Анадырском плоскогорье и представляющее собой заполненное водой углубление земной поверхности, образовавшееся около 3.6 миллионов лет назад. Основные гипотезы происхождения утверждают, что это либо ударный (эта версия получила наибольшее распространение), либо вулканический кратер.

Если в азиатской части России по суммарной площади возвышенные и горные территории практически не уступают низменным, то в пределах европейской части страны доминируют равнины, сюда заходят лишь две горные системы – Крымско-Кавказская и Уральская.

Урал – это «герцинское складчатое сооружение, испытывавшее длительную денудацию и новейшие поднятия, создавшие современные низкие и средние горы» [Исаченко, Шляпников, 1989], протягивающиеся в субмеридиональном направлении более чем на 2000 км от Северного Ледовитого океана до границы с Казахстаном. Их естественным продолжением на севере являются острова Вайгач и Новая Земля. Урал не имеет чётких западных границ с Русской равниной, которая постепенно переходит в невысокие и возвышенные холмисто-увалистые предгорья, сменяющиеся горными хребтами. В то же время в рельефе восточного, азиатского склона, спускающегося к Западно-Сибирской равнине, отчётливо выделяются система вытянутых соответственно простирающую тектонических зон горных хребтов и полоса предгорий.

В пределах Урала, Предуралья и Зауралья дешифрируется более 32 000 водоёмов, большинство из которых не превышают 1 га и формально не относятся к категории озёра, так что естественная озёрность Урала составляет лишь 0.44%. В то же время здесь присутствует и целый ряд средних озёр. Более 450 водоёмов Урала превышают 1 км², 59 имеют площадь от 10 до 100 км² и 3 – более 100 км². Наряду с естественными, на Урале много искусственных водоёмов, большинство из которых расположено в предгорной части. Среди наиболее крупных водохранилищ – Ириклинское, Павловское (расположено частично) и Арганзинское. Благодаря искусственным водоёмам озёрность Урала повышена до 0.7%.

Распределение водоёмов по территории Урала достаточно неравномерное. Наиболее многочисленны озёра предгорий и горной части Полярного Урала, большинство из которых характеризуется небольшими размерами. Много озёр, в том числе относительно крупных (более 10 км²), на острове Новая Земля. Значительное количество водоёмов сосредоточено в предгорьях Приполярного и Северного Урала (преимущественно на западном склоне), а также в восточных предгорьях Среднего и Южного Урала и в Зауралье. В пределах восточного склона Среднего и Южного Урала находится достаточно большое количество наиболее крупных водоёмов (более 10 км²), котловины которых имеют преимущественно тектонический генезис. Согласно М.А. Андреевой [Андреева, 1973], «после отступления палеогенового моря Урал испытал общее поднятие, благодаря чему возникли новейшие глыбовые нарушения горных пород, в основном совпадающие с более древними тектоническими линиями. Наиболее значительные глыбовые разломы произошли вдоль палеозойского уступа, отделяющего уральские геологические структуры от Западно-Сибирских. Тектонически обусловленные впадины в дальнейшем, вследствие воздействия экзогенных процессов, были видоизменены, что привело к формированию озёрных котловин эрозионно-тектонического типа». Среди наиболее крупных – Увильды, Иртяш, Ит-

куль, Тургояк, Синара, Чебаркуль, Бол. Касли, Бол. Кисегач, Большое и Малое Миассово. К озёрам Среднего Урала, котловины которых привязаны к депрессиям в гранитных массивах, относятся озёра Исетское, Шарташ и Таватуй. Большое количество озёр, занимающих эрозионно-тектонические котловины, расположено и в пределах Зауральского пенеплена, их глубины несколько меньше, чем у предгорных озёр, и редко превышают 10 м. Это озёра Айбыколь, Уелги, Б. Сарыкуль, Шаблиш, Б. Куяш, Калды и многие другие. Наиболее глубокие озёра Урала занимают тектонические впадины, обработанные впоследствии ледником, как расположенные в пределах Полярного Урала оз. Большое и Малое Щучьи.

На Полярном, Приполярном и Северном Урале, то есть той части Уральских гор, рельеф которой формировался под воздействием четвертичных и современных оледенений, широко распространены ледниковые озёра. В предгорьях Полярного Урала, в пределах Печорской и Западно-Сибирской низменностей, а также иногда в горах на заболоченных участках днищ трогов и перевальных седловинах встречаются небольшие озёра термокарстового происхождения [Долгушин, Кеммерих, 1959]. Широкое развитие на Урале имеют и гидрогенные водоёмы, многочисленные в долинах Печоры, Косью, Большой Сыни, Урала, Миасс, Гумбейки, Течи, Тобола. Большое количество водоёмов расположено в междуречьях рек Туры и Тавды. Некоторые Зауральские озёра, такие, как Еткуль, Аткуль и Песчаное, приуроченные к древним ложбинам стока, рассматриваются как реликтовые.

Значительное число озёр Урала, Предуралья и Зауралья относится к суффозионному и карстовому типам. Озёра, занимающие котловины просадочного и суффозионного происхождения, широко распространены в пределах Зауральского пенеплена. Поскольку для Предуралья, Среднего и Южного Урала характерно значительное распространение карстующихся пород, здесь много озёр, заполняющих карстовые воронки и провалы (Чатлыкские озёра и др.). В Зауралье и Педуралье, в зоне недостаточного увлажнения, наряду с пресными озёрами значительное распространение имеют водоёмы с повышенной минерализацией.

Ряд водоёмов южной части Урала был значительно видоизменен благодаря хозяйственной деятельности. Многие озёра были подпружены дамбами, соединены каналами и пр. Уровень одних был искусственно поднят, а других – снижен. Некоторые водоёмы используются для хранения отходов или для сброса сточных вод.

Кавказская горная страна протягивается приблизительно на 1500 км от Таманского полуострова на Чёрном море до Апшеронского полуострова на Каспийском. Российской Федерации принадлежит северный склон Большого Кавказского хребта (Северный Кавказ), представляющий собой мощную горную страну, состоящую из ряда хребтов, параллельных Главному, а также, частично, Закавказье – очень небольшая территория по правому берегу р. Самур до границ с Азербайджаном. *Крымские горы* занимают южную и юго-восточную часть Крымского

полуострова, тремя горными грядами простираясь от мыса Айя на западе до мыса св. Ильи на востоке. В горных регионах Северного Кавказа достаточно много озёр, однако большинство из них имеет очень малые размеры. В менее высоких горах Крыма водоёмов очень мало, причём преобладающее большинство из них имеют искусственное происхождение.

Согласно проведённой оценке, на Северном Кавказе (включая средне- и низкогорную часть) дешифрируется около 3 500 водоёмов, около 2/3 из которых имеют естественное происхождение. Озёр площадью более 1 га – более 700, а более 1 км² – лишь два – окружённое горами оз. Абрау, расположенное на небольшой высоте близ моря в Краснодарском крае, а также высокогорное оз. Кезеной-Ам, находящееся на границе Дагестана и Чечни. Искусственные водоёмы расположены преимущественно в предгорной части, в высокогорье распространение имеют только естественные водоёмы. Самое крупное водохранилище Кавказа – Краснодарское. Естественная озёрность российской части Кавказской горной страны составляет ~0.3%, а общая – 0.9%.

По происхождению котловин на Кавказе имеют распространение тектонические, ледниковые, ледниково-карстовые, оползневые, пойменные, карстовые, карстово-тектонические, суффозионные, карстово-суффозионные типы водоёмов [Ефремов, 1980]. Большая часть ледниковых озёр сосредоточена в западной части северного склона Кавказского хребта, характеризующейся наиболее высокими горными пиками и наибольшим увлажнением. Значительное место среди гляциальных озёр занимают и «так называемые эфемерные или наледниковые озёра, существующие только летом, в период активного таяния ледников и исчезающие после наступления холодов. Их котловина образована процессами термокарста и термоабразии на поверхности ледника» [Ефремов, Панов, 1985]. Наряду с ледниковыми, в горах представлены также озёра, в образовании которых значительную роль играют лавины. Обычно они располагаются у подножия крутых склонов долин, цирков и каров. Озёра оползневого типа встречаются на водоразделе Чанты-Аргуна и Шаро-Аргуна, в урочище Шикарой. К оползнево-запрудному типу относится крупнейшее на Северном Кавказе оз. Кезеной-Ам, расположенное на южном склоне Андийского хребта.

Пойменные озёра распространены преимущественно в предгорной части региона, а также по долинам основных рек. Их много в долине Кубани и её основных притоков – Лабы и Белой, Терека, Сунжи, Джалки, Сулака и Самура. В связи со значительным распространением в регионе карстующихся пород на известняковых массивах встречаются карстовые озёра. Они наиболее широко представлены на северных пологих склонах куэст Скалистого, Пастбищного и Лесистого хребтов. Многие карстовые озёра характеризуются значительными глубинами до нескольких десятков метров. Глубины карстовых озёр Цериккель около 350 м.

Ещё одним регионом с очень низкой озёрностью (менее 0.01%) и небольшим числом водоёмов являются *горные области юга Дальнего Востока*, включающие хребет Сихотэ-Алинь, российскую часть Восточно-Манчжурских гор, Хингано-Буреинское нагорье, цепи которого оконтуривают межгорные равнины Дальнего Востока, а также горную часть острова Сахалин. Весь рассматриваемый регион расположен в пределах умеренного климатического пояса.

В горных областях юга Дальнего Востока дешифрируется всего около 400 водоёмов. Все они имеют небольшие размеры, обычно не превышающие 0.2 км², большинство водоёмов находится в поймах стекающих с гор рек, и чаще всего приурочены к предгорной части. Наряду с гидrogenными водоёмами представлены озёра, занимающие тектонические котловины и котловины ледникового происхождения. Среди горных озёр встречаются также эрозивно-тектонические, занимающие небольшие котловины, расположенные на высотах более 800 м. Многие из них имеют плотинное происхождение, например, расположенная на андезитобазальтовых плато группа Шандуйских озёр [Колесников, 1936]. В центральной части хребта Сихотэ-Алинь есть ещё целый ряд озёр, занимающих тектонические котловины, большинство из которых также – плотинные.

Озёра, занимающие котловины ледникового происхождения, достаточно многочисленны в пределах хребтов Хингано-Буреинского нагорья, претерпевшего в четвертичный период несколько оледенений. Их котловины обычно приурочены к гольцовым вершинам. По ведущему условию формирования среди них выделяют каровый, глинтовый и экзарационный типы [Кукушкин И.А., Кукушкина Е.В., 2012]. К оползневым озёрам относится оз. Амут, расположенное в центральной части хр. Мяо-Чан [Кукушкин, 1991] и группа Солонцовских озёр [Медведева, 1987]. Обвальные озёра представлены в горах острова Сахалин на обширном горном плато на Южно-Камышовом хребте [Пичугин и др., 2008]. На средне- и низкогорных водоразделах, а также на надпойменных террасах речных долин встречаются и озёрные котловины мерзлотного типа.

В отличие от гор южной части Дальнего Востока, в *горных областях п-ова Камчатка, Корякского нагорья и Курильских островов* озёрность несколько выше и составляет в среднем ~0.5%. Горные области п-ова Камчатка, Корякского нагорья и Курильские островов принадлежат кайнозойской складчатой зоне – наиболее подвижной части Тихоокеанского пояса и входит в так называемое «Тихоокеанское вулканическое огненное кольцо» – область по периметру Тихого океана, в которой находится большинство действующих вулканов Земли и происходит множество землетрясений. Интенсивный вулканизм сочетается с высокой сейсмичностью, что играет важнейшую роль в образовании современного рельефа [Исаченко, Шляпников, 1989]. Процессы горообразования и вулканические извержения подчас сопровождаются образованием озёр, характер некоторых из которых резко отличается от всех остальных водоёмов России.

В пределах рассматриваемого региона дешифрируется ~5 000 водоёмов, около половины которых не превышают 1 га и формально не относятся к категории озёра. Лишь 56 озёр превышают по площади 1 км², в том числе 8 имеют площадь от 10 до 100 км² и 1 – более 100 км². По своему происхождению озёра горных областей п-ова Камчатка, Корякского нагорья и Курильских островов относятся к категории тектонических, ледниковых, ледниково-тектонических, реликтовых и вулканических. В предгорной части встречаются также водоёмы гидрогенного и органогенного типов.

Озёра, имеющие котловины тектонического происхождения, находятся преимущественно в средне- и высокогорной части. Как правило, это глубокие узкие водоёмы с прямолинейными отвесными берегами, расположенные в глубоких сквозных ущельях. На Камчатке тектонические озёра представлены также сбросовыми водоёмами, образовавшимися в результате раскола и опускания отдельных участков земной коры. Примером тектонических водоёмов является оз. Голыгинское, расположенное на юге Камчатского полуострова и оз. Этамынк, расположенное выше оз. Курильского и связанное с ним р. Этамынк [Бонк, 2003, Бугаев, Кириченко, 2008]. Среди завальных водоёмов – оз. Сево, находящееся в отрогах Валагинского хребта. Примером озёр, возникших за счёт подпруживания речной долины продуктами оползня, является оз. Копыль [Бугаев, Кириченко, 2008].

В горах также многочисленны озёра ледникового происхождения, представленные каровыми и подпрудными водоёмами. Много ледниковых озёр расположено в пределах Срединного хребта. Чаще всего они имеют небольшие размеры и у подножий хребтов образуют типичный ландшафт. Самым крупным из ледниковых озёр региона является запрудное оз. Двухюрточное, расположенное в восточных отрогах Срединного хребта и подпёртое конечной мореной древнего происхождения [Николаев, Николаева, 1991]. К ледниковым относится и значительное число озёр Корякского нагорья, как Потатгытгын, Илир-Гытхын, Ватыт-Гытхын. Примером ледниково-тектонических водоёмов является оз. Майниц, расположенное у северных отрогов Майнопыльгинского хребта Корякского нагорья.

В районах древнего и современного вулканизма распространены вулканические озёра – кратерные, кальдерные, а также запрудные, возникшие вследствие подпруживания рек и речек потоками лавы. Наиболее глубокие из вулканических водоёмов приурочены к кальдерам вулканов, так, глубина оз. Курильское составляет 316 м, а оз. Кольцевое (о-в Онекотан) – 369 м [Карюхин, 1986]. Примерами кислых озёр Камчатки являются водоёмы, расположенные в кратерах вулканов Малый Семячик и Горелый. К озёрам, заполненным горячей водой, относится оз. Фумарольное [Гавриленко и др., 2009]. Среди запрудных вулканических озёр – оз. Паланское, расположенное в предгорьях западной части Срединного хребта [Остроумов, 1985] и оз. Толмачёво, расположенное на территории Толмачева Дола. С 1999 года на вытекающей из озера реке

работает Толмачёвская ГЭС, в результате строительства которой озеро оказалось преобразованным в озеро-водохранилище. Лавово-запрудным является и самое крупное озеро региона — Кроноцкое [Крохин, Куренков, 1964].

В образовании многих озёр региона принимали участие различные процессы, например, ледниковые и вулканические. Примерами таких водоёмов являются Авачинские озёра, расположенные у подножия потухшего вулкана Бакенинг. Они занимают троговые долины, однако в их формировании принимали участие и вулканогенные (лавовые плотины) процессы, а также выносное извержение продуктов со склонов вулкана [Крохин, Куренков, 1967; Куренков, 2005]. Примером озёр, образовавшихся благодаря совместному действию тектонических и вулканических процессов, является оз. Халактырское, занимающее небольшую часть дна бывшего морского залива, обсохшего вследствие тектонических поднятий [Куренков, 2005].

Вулканическое происхождение характерно и для ряда озёр, расположенных на Курильском архипелаге. На 68 вулканических центрах Курильской островной дуги [Рыбин и др., 2010] насчитывается 10 кратерных озёр, 8 из которых приурочены к активным вулканическим центрам, а на двух вулканах (Головнина и Кетой) имеется сразу по два кратерных озера [Козлов и др., 2012].

Большое количество озёр расположено в горной части Южной Сибири – в пределах Алтайско-Саянской и Байкальской горных стран.

Алтайско-Саянская горная страна включает системы горных хребтов Алтая, Кузнецкого Алатау, Салаирский кряж, Западного и Восточного Саян, Восточно-Тувинское нагорье, возникшие на палеозойских и более древних структурах и возрождённые новейшими тектоническими движениями, а также Кузнецкую, Тувинскую, Минусинскую и другие котловины. В пределах России её протяжённость с запада на восток составляет более 1300 км, а с севера на юг – около 850 км. Границы страны определены разломами, смещением блоковых структур в результате многократных тектонических движений [Исаченко, Шляпников, 1989]. Вся страна расположена в пределах умеренного климатического пояса, её климат резко континентальный, определяемый положением во внутренней части материка, а также особенностями рельефа.

В пределах Алтайско-Саянской горной страны дешифрируется более 20 000 водоёмов, из которых большая часть не превышает 1 га и формально не относится к категории озёра. Лишь ~190 озёр имеют площадь более 1 км², 29 – от 10 до 100 км², самым крупным является Телецкое озеро с площадью 227.3 км². Естественная озёрность региона составляет в среднем 0.5%, с учётом искусственных водоёмов она повышена до 0.7%. В пределах Алтайско-Саянской горной страны многочисленны озёра гидрогенного, ледникового, тектонического, ледниково-тектонического и завального происхождения, также встречаются водоёмы термокарстового и карстового происхождения и реликтовые озёра.

Большинство озёр предгорных районов относятся к категории гидрогенных водоёмов, они встречаются на высоких участках древних долин и в поймах рек на разных морфологических ступенях рельефа. Такие озёра характерны для междуречий Центрального, Северо-Западного Алтая, бассейнов верхней Катунь, Чарыша и др., предгорьев Алтая, они широко представлены в нижнем течении рек Яя, Кия и Иня. Некоторые озёра предгорной зоны приурочены к ложбинам древнего стока, они расположены на месте старых русел исчезнувших горных рек, возникших при таянии древнего ледника. Их примером может служить оз. Ая, находящееся по левому берегу р. Катунь [Рудой, Земцов, 2010]. Среди средне- и высокогорных озёр доминируют водоёмы ледникового, тектонического и ледниково-тектонического происхождения. Самое крупное озеро – *Телецкое* согласно мнению большинства авторов имеет ледниково-тектоническое [Селегей и др., 2013]. Примерами водоёмов, занимающих котловины тектонического происхождения, являются озёра Агульское, Белое и Теньгинское [Кадастр особо охраняемых..., 2014].

В отличие от водоёмов ледниково-тектонического происхождения, снежно-ледниковые озёра, наиболее многочисленные в горной части Алтайско-Саянской страны, практически всегда характеризуются малыми размерами. Они располагаются в широких долинах, на седловинах хребтов, в цирках и карах, рядом с ледниками и снежниками, и в зависимости от своей приуроченности подразделяются на троговые, каровые, моренные, морено-запрудные и другие. Большое число горных озёр снежно-ледникового происхождения расположено и среди высокогорных плато, как многочисленные озёра плоскогорья Укок, разбросанные среди моренных валов и холмов в диапазоне высот от 2300 до 2500 м. На Северо-Восточном и Центральном Алтае встречаются озёра конусов выноса, они развиты в долине Челушмана, Башкауса.

Наряду с ледниковыми, тектоническими и завальными водоёмами, в горах есть также озёра термокарстового происхождения, однако их значительно меньше. Они встречаются в районах распространения многолетней мерзлоты. Примером термокарстовых озёр являются озёра урочища Ештыкель в горах Алтая [Полищук, Шаронов, 2013]. Есть и карстовые озёра, распространённые в районах выхода на поверхность карстующихся пород. Они встречаются в местах распространения известняков в пределах Чергинского, Семинского, Теректинского хребтов и хребта Иолго.

От горных озёр существенно отличаются водоёмы, приуроченные к межгорным котловинам. Наиболее крупные из них часто занимают котловины тектонического происхождения. К Чулымо-Енисейской межгорной котловине приурочена Белё-Ширинская бессточная область, включающая смежные бассейны озёр Белё, Шира, Иткуль, Фыркал, Тус, Джиримское и др. В Хакасско-Минусинской котловине находится Улуг-Кольская бессточная область, образованная бассейнами озёр Улуг-Коль и примыкающих к нему более мелких бассейнов озёр Усколь, Талое и Чалгысколь и др. Среди озёр, расположенных в Тоджинской котловине, наиболее круп-

ными являются водоёмы Ноян-Холь, Азас, Маны-Холь, Кадыш-холь, Ушпе-Холь, Шурам-холь, Доруг-холь, Олбук, котловины которых имеют тектоническое или ледниковое происхождение. В Тере-Хольской котловине расположено достаточно крупное проточное оз. Тере-холь, а в Тувинской котловине находятся проточное озеро Чагытай, а также бессточные солёные озёра Хадын, Чедер, Дус-Холь и Как-Холь. На территорию России заходит и такая крупная тектоническая депрессия, как котловина Больших Озёр — обширная тектоническая впадина, простирающаяся из Монголии в южную часть республики Тыва. Северная часть котловины, расположенная в пределах Тывы, именуется Убсунурской котловиной. К ней приурочены озёра, питающиеся за счёт стока рек южных склонов хребтов Танну-Ола и Сангилен. Большинство этих озёр высокоминерализованные. В Убсунурской котловине находится большое пресное озеро Торе-Холь, а также солёные озёра Шара-Нур, Дус-Холь (Эрзинское), Дус-Холь (Самагалтайское) и др. Самым крупным озером Убсунурской котловины, лишь частично находящемся в пределах Российской Федерации (основная часть его акватории принадлежит Монголии), является оз. Убсу-Нур, являющееся реликтом огромного бассейна, располагавшегося ранее на месте Котловины Больших Озёр.

Озёра реликтового происхождения характерны и для центральной части Койбальской степи. Среди них озёра, расположенные в урочище Сорокаозерки по бывшему руслу древнего Енисея. Большая их часть содержит солёную воду и характеризуется повышенной степенью заболоченности. Многие из койбальских озёр в засушливое лето пересыхают, превращаясь в солончаки, покрытые белой коркой соли [Озера Хакасии..., 1976].

Обширным горным регионом азиатской части России является *Байкальская горная страна*, включающая восточную часть гор Южной Сибири и состоящая из Прибайкалья на западе; Забайкалья в центре; Станового нагорья на северо-западе; Северных байкальских нагорий; Алданского нагорья и Станового хребта на востоке. Северной и западной границами Байкальской горной страны служит крутой уступ высотой 200—450 м, обращённый к Среднесибирскому плоскогорью и Приленскому плато. На юго-западе границу с Восточным Саяном проводят по Тункинскому грабену, а на юге и юго-востоке она практически совпадает с государственной границей России с Монголией и Китаем. Восточная граница страны идёт по междуречью рр. Олёкма и Зея, южному подножию Станового хребта и восточной окраине Алданского нагорья. Самостоятельность Байкальской горной страны предопределена её наиболее древним возрастом — это область развития байкальской складчатости, протекавшей в самом конце протерозоя — начале кембрия (от 650 до 550 млн. лет назад) [Гвоздецкий, Михайлов, 1978].

Современный рельеф Байкальской горной страны характеризуется преобладанием на большей части её территории сильно расчленённых средневысотных гор. Равнинные поверхности встречаются лишь в долинах больших рек и тектонических впадинах, которые разделяются

на два основных вида – внутригорные впадины байкальского типа и межгорные забайкальского типа [Флоренсов и др., 1978]. Для межгорных котловин характерно значительное скопление относительно крупных озёр.

В пределах Байкальской горной страны дешифрируется более 40 000 водоёмов, чуть менее половины которых имеют площадь более 1 га и относятся к категории озера. Более 270 озёр превышают по площади 1 км², 31 водоём имеет площади от 10 до 100 км² и ещё 7 – более 100 км², в том числе и величайшее по объёму заключённой в него пресной воды озеро мира – Байкал. Благодаря значительной акватории Байкала озёрность региона близка к средней по стране и в среднем составляет ~2%.

Озёра Байкальской горной страны очень разнообразны, здесь встречаются водоёмы гидрогенного, ледникового, тектонического, ледниково-тектонического и завального происхождения, также есть озёра термокарстового и карстового происхождения и реликтовые водоёмы. Огромное количество озёр расположено по долинам рек и относятся к пойменно-долинному типу, таких озёр особенно много в предгорных районах. Большое число гидрогенных озёр расположено, например, в долине р. Нижняя Цыпа, вытекающей из оз. Баунт, также их достаточно много и в долине р. Верхняя Цыпа, питающей оз. Баунт. Это преимущественно небольшие пресные водоёмы, однако есть и относительно крупные.

В средне- и высокогорной части региона преобладают водоёмы тектонического, ледникового или ледниково-тектонического происхождения. Котловину тектонического происхождения имеет оз. Байкал, занимающее глубочайшую рифтовую впадину на Земле. Среди озёр меньшего размера котловины тектонического происхождения имеют оз. Гусиное, Балан-Тамур и Чурикто, расположенные в Амутской котловине, оз. Леприндо, находящееся в Верхне-Чарской котловине и оз. Медвежье. Все они возникали в результате разломов земной коры и имеют значительную глубину. Примерами озёр ледниково-тектонического происхождения являются оз. Большое и Малое Токо, находящиеся у северного подножия Станового хребта [Константинов, Ефимов, 1973], оз. Орон, расположенное на северо-западном склоне Кодарского хребта [Батиметрическая..., 2004], оз. Ничатка и Фролиха. В горах Прибайкалья, Станового нагорья и Забайкалья встречаются небольшие горные озёра снежно-ледникового происхождения, расположенные по карам, циркам и на перевальных плато. Реликтами существовавших ранее огромных ледниковых озёр являются многочисленные озёра Муйской долины. Известный исследователь Витимского края П.А. Кропоткин доказал, что весь Муйский грабен был когда-то занят одним огромным водоёмом, который вытек, когда Витим пропилил себе проход на север. На месте больших древних водоёмов, по мнению М.М. Кожова [Кожов, 1950], расположены и озёра Еравнинской группы.

Для Байкальского региона характерно и наличие термокарстовых озёр, возникших на месте провалов после вытаивания многолетней мерзлоты. Такие озёра обычно лежат в высотном диапазоне 630-800 м над ур. моря. Широкое распространение они имеют в Забайкалье в пределах пойм и низких надпойменных террас р. Чара и её притоков.

По территории Байкальской горной страны озёра распределены достаточно неравномерно. Большая часть водоёмов сосредоточена в её центральной части – Забайкалье, а также на ограничивающем его с севера Становом нагорье. Обычно они встречаются группами или системами, приуроченными к тем или иным тектоническим межгорным понижениям или хребтам. Наиболее известны Баунтовская (Ципо-Ципиканская), Баргузинская, Верхнеангарская, Прибайкальская, Чарская системы и группы, расположенные в котловинах байкальского типа, а также Еравнинская, Ивано-Арахлейская, Гусиноозерская группы, приуроченные к котловинам забайкальского типа.

На юго-востоке Забайкалья, у границы с Монголией, в регионе ярко выраженного дефицита увлажнения находится Онон-Борзинская система озёр, включающая несколько сотен водоёмов, локализованных в пределах Цасучейской впадины, а также водоёмы на прилегающих с юга и востока территориях. Самой известной в Онон-Борзинской системе является группа Торейских озёр, включающая, прежде всего, два связанных между собой крупнейших бессточных озёра – Барун-Торей и Зун-Торей, суммарная площадь которых во влажные периоды достигает 850—880 км², в засушливые годы озёра почти полностью пересыхают. Наряду с крупнейшими, в пределах Торейской котловины находится и большое число меньших по размеру водоёмов, также характеризующихся неустойчивым водным режимом. Большую часть времени они характеризуются как солоноватые и солёные, опресняющиеся при интенсивных осадках.

3.3. Водные ресурсы естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации по океаническим бассейнам

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 [Водные..., 2008], оценка водных ресурсов озёр проводилась также по бассейнам океанов, омывающих берега Российской Федерации.

Территория РФ относится к бассейнам трёх океанов, моря которых омывают её берега – Северного Ледовитого, Тихого и Атлантического, кроме того, значительная её часть представ-

ляет собой территорию внутреннего стока, происходящего, прежде всего, по направлению к Каспийскому морю, давно утратившему свою связь с океаном. На рисунке 3.32 представлена Карта бассейнов морей океанов, омывающих Россию.

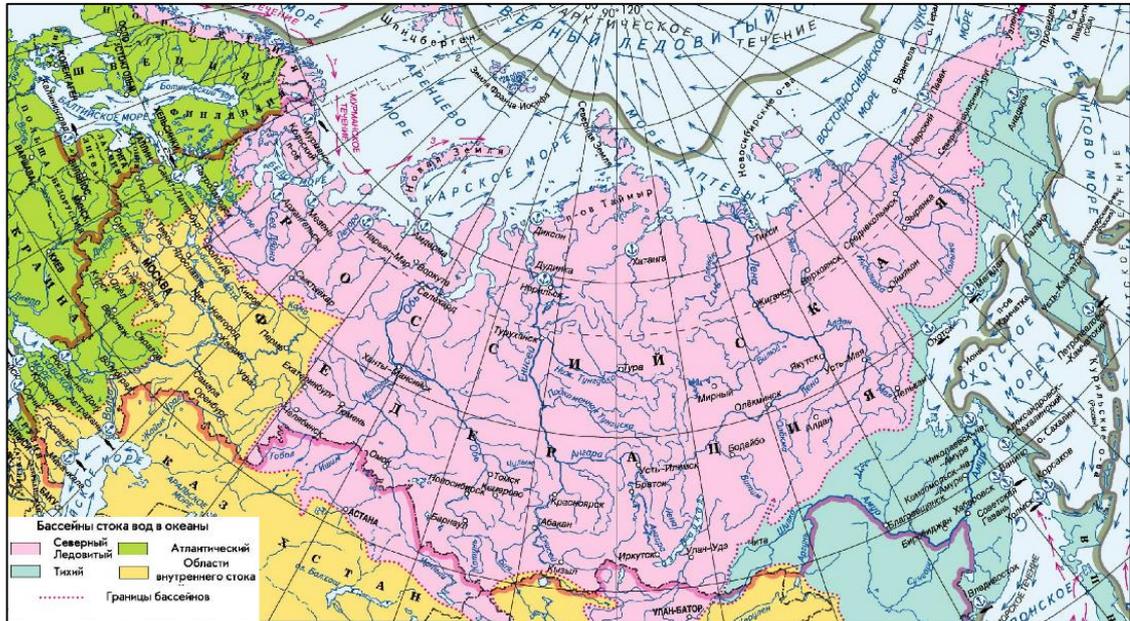


Рисунок 3.32. Российская часть бассейнов морей Атлантического, Северного Ледовитого, Тихого океанов, а также бессточного бассейна Каспийского моря.

Большая часть территории России имеет сток в моря Северного Ледовитого океана – Баренцево, Белое, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское. Водораздел между бассейнами Северного Ледовитого и Тихого океанов проходит по Чукотскому хребту, Анадырскому плоскогорью, горным хребтам: Колымскому, Джугджур, Становому и Яблоновому. Водораздел бассейна Северного Ледовитого океана с бессточным Каспийским бассейном образуют Уральские горы и Северные Увалы. Водораздел с Атлантическим океаном проходит по возвышенности Маанселькя и её отрогу – Западно-Карельской возвышенности, далее по кряжу Ветреный пояс и Андомской возвышенности. Водораздел бассейна Атлантического океана с бессточным Каспийским бассейном проходит по Валдайской, Среднерусской, Приволжской и Ставропольской возвышенностям и главному Кавказскому хребту. Наряду с бессточным бассейном Каспийского моря, не имеют внешнего стока ещё около 1% площади страны, это области на юге Западно-Сибирской низменности (бессточные области междуречья Оби и Иртыша), расположенные в пределах склона, имеющего общее понижение по направлению к морям Северного Ледовитого океана, а также области в горах Алтая и Саян (Убсунурская котловина) и на юге Забайкалья (Торейская впадина).

Результаты оценки площадей водной поверхности и суммарных объёмов вод, содержащихся в озёрах территорий, имеющих сток в Северный Ледовитый, Тихий, Атлантический океаны, а также в Каспийское море представлены в таблице 3.4 и на рисунке 3.33.

Таблица 3.4. Распределение ресурсов озёрных вод РФ по бассейнам океанов и бессточной области Каспийского моря

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
Каспийского моря	8 180	37 500	16.5	214

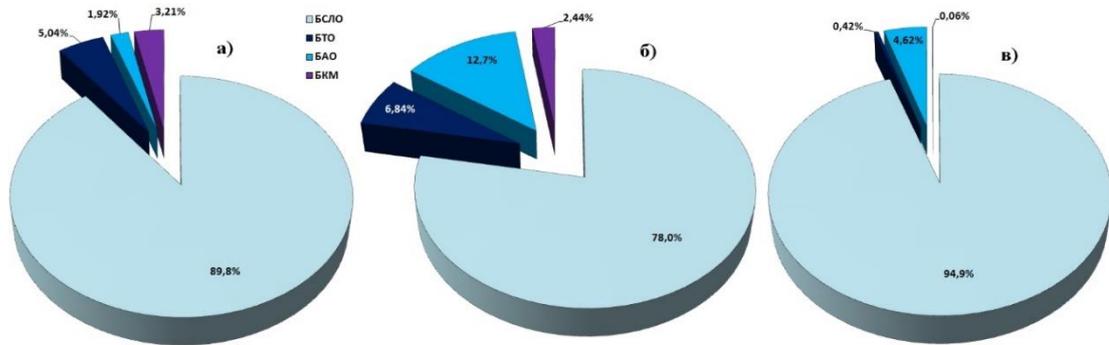


Рисунок 3.33. Доля количества водоёмов (а), площадей водной поверхности (б) и объёмов озёрных вод (в) по бассейнам Северного Ледовитого, Тихого, Атлантического океанов и Каспийского моря.

Согласно проведённой оценке, наибольшие запасы озёрных вод РФ сосредоточены в бассейне Северного Ледовитого океана (~69% территории страны), в его пределах дешифрируется ~3 450 000 водоёмов или ~90% от всех водоёмов РФ, а суммарные водные ресурсы озёр составляют ~24 590 км³ или ~95% от общей величины озёрных водных ресурсов России [Измайлова, 2016, в]. Также здесь сосредоточено около 560 км³ воды, заключённой в искусственные резервуары. Значительным запасом озёрных вод характеризуется также бассейн Атлантического океана (~5% территории страны), на долю которого приходится ~1198 км³ озёрных вод и ~37 км³ вод, заключённых в водохранилища. Объём озёрных вод бассейна Тихого океана (~15% территории страны) лишь немногим превосходит объём вод, содержащихся в его водохранилищах (соответственно ~109 и ~90 км³). Наименьшие запасы озёрной воды, ~16.5 км³, характерны для замкнутого бассейна Каспийского моря (~11% территории страны), что отчасти компенсируется значительными объёмами воды в искусственных резервуарах (~197 км³) [Измайлова, Корнеенкова, 2016]. В то же время необходимо отметить, что именно в бассейне Каспийского моря

проживает около половины населения России и сконцентрирована большая часть её промышленного производства.

3.4. Сравнение полученных результатов с оценками, проведёнными ранее

Сравнение полученных результатов с ранее проведёнными оценками, в том числе с определением общего количества озёр страны и площадей водной поверхности при составлении Водного кадастра [Доманицкий и др., 1971], а также с оценкой общего количества озёр и их суммарного водозапаса, проведённой в ИНОЗ РАН с использованием методов статистического анализа С.В. Рянжиным на основе данных, содержащихся в его обширной авторской базе WORLDLAKE [Рянжин, 2002, 2005-а], показало ряд расхождений:

- Согласно данным инвентаризации озёрного фонда страны, проведённой в 1960-х годах, при анализе картографического материала на территории СССР было выявлено более 2.8 млн. озёр (2 854 166 [Доманицкий и др., 1971, с.73]), в том числе около 2.7 млн. – в РСФСР. Как уже отмечалось, в подсчёт числа озёр тогда были включены все нанесённые на карту объекты, при этом предполагалось, что их площадь зеркала превышала 1 га. То есть все отмеченные на картах водоёмы были автоматически отнесены к озёрам, так как возможности картографического материала не позволяли провести определение площадей малых водоёмов. На современных спутниковых снимках нами было дешифровано ~3.9 млн. водоёмов, минимальный размер которых определялся качеством конкретного снимка, но заведомо не превышал 1 га, а в большинстве случаев составлял 0.1 га. Детальность оценки, выполненной при помощи инструментария программы Google – Планета Земля (позволяющего определять линейные размеры с точностью – 0.01 км), позволила выяснить, что многие водоёмы, трактуемые ранее как озёра, в действительности не превышают по площади 0.01 км² (1 га), то есть, хоть они и имеют естественное происхождение, но, формально, не относятся к категории водных объектов, именуемых «озёра». Согласно нашим данным природных водных объектов с площадями более 0.01 км² оказалось ~1.37 млн, также было выявлено ~100 тыс. водоёмов искусственного происхождения и 2.43 млн. естественных водоёмов, не превышающих 0.01 км². По расчётам С.В. Рянжина, проведённым с использованием статистических методов, количество озёр РФ составило 1.58 млн., при этом число водоёмов площадью менее 1 га не оценивалось. Как уже указывалось выше, для ряда регионов в водоёмах с площадью менее 1 км² может содержаться более половины суммарного водозапаса, так что учёт малых водоёмов, в том числе не превышающих 1 га, при оценке региональных ресурсов часто является необходимым.

• В рамках составления Водного кадастра СССР [Доманицкий, 1971], суммарная площадь зеркала водоёмов для всей территории СССР была оценена как 448 тыс. км², в том числе 409 тыс. км² – в пределах РФ. По данным С.В. Рянжина, рассчитанным с использованием статистических методов, суммарная площадь озёр России (без учёта акватории Каспийского моря и с учётом лишь водоёмов превышающих 1 га) составила 264 тыс. км². По данным автора диссертации, полученным за счёт оценки площади водной поверхности по современным спутниковым снимкам, она суммарно для всех естественных водоёмов составила ~335 тыс. км² (включая озёра с солёной водой ~20 тыс. км²), а для искусственных ~65 тыс. км², то есть суммарно ~400 тыс. км², что лишь немногим менее оценки 1960-х годов (408 850 км²) [Доманицкий, 1971].

• Суммарный запас воды в водоёмах России в рамках составления водного кадастра не определялся. В последней монографии ГГИ приведены лишь данные по объёму воды в крупнейших озёрах страны, оцененные в 24 855 км³ [Водные..., 2008]. С использованием методов статистического анализа С.В. Рянжин оценил суммарный запас воды в озёрах РФ (естественных водоёмов, превышающих 1 га) в 24 996 км³. Согласно приближённым оценкам, опубликованным в Национальном Атласе России [Национальный..., 2004, с. 202] и затем растиражированном в учебных и справочных изданиях, объём озёрных вод России оценён в 26 500-26 700 км³. Полученная автором диссертации величина суммарных водных ресурсов водоёмов естественного и искусственного происхождения составила ~26 800 км³, в том числе водные ресурсы озёр ~25 910 км³ [Измайлова, 2016 (б)], из которых более 55 км³ характеризуются повышенной минерализацией (расхождения с оценкой С.В. Рянжина – 3.5%). В искусственных водоёмах РФ (с учётом приращения объёмов озёр за счёт их зарегулирования и превращения в озёра-водохранилища) запас вод составляет ещё около 890 км³. Без учёта оз. Байкал, составляющего более 90% от суммарного запаса озёрных вод, суммарный запас вод всех озёр России был оценён С.В. Рянжиным в 2001 км³, а автором диссертации – в 2295 км³, расхождения составили более 10% (таблица 3.5).

Таблица 3.5. Сопоставление оценок фонда естественных и искусственных водоёмов РФ

Оценка	Кол-во водоёмов всего, млн.	Кол-во озёр, млн.	Суммарная площадь водной поверхности, тыс. км ²	Суммарная площадь зеркала 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
А.П. Доманицкий и др., 1971	2.7	2.7	409	н/о	н/о	н/о	н/о
Национальный..., 2004	2.7	2.7	н/о	н/о	н/о	26 500 – 26 700 (26 600)	н/о
С.В. Рянжин, 2005 (б)	н/о	1.58	н/о	264		24 996	2001
А.В. Измайлова, 2016 (б)	3.9	1.37	400	335	26 800	25 910	2295

• н/о – не определялся

Таким образом, проведённая новая оценка озёрного фонда РФ дала возможность уточнить данные прошлой кадастровой оценки. 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.

Сопоставление оценок, полученных разными методами, свидетельствует, что значения площади водной поверхности, рассчитанные статистическими методами, оказались заниженными, в сравнении с оценками, выполняемыми при учёте всех водных объектов, как проведённых ранее Госкомгидрометом на основе крупномасштабных карт [Доманицкий и др., 1971], так и автором диссертации с использованием спутниковых снимков [Измайлова, 2016 (б)]. При этом по снимкам и картам были получены близкие результаты.

Величины суммарных водных ресурсов озёр, 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.

Наряду с полученными суммарными величинами характеристик фонда естественных и искусственных водоёмов, сравнение индивидуальных площадей озёр, 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 изменения озёрного фонда по ряду регионов, определяемые при значимом и однонаправленном изменении площадей целого ряда водоёмов в пределах какой-либо территории, превышающих возможные погрешности расчётов.

3.5. Количественные изменения озёрного фонда Российской Федерации

Проводимая новая оценка водных ресурсов озёр РФ сопровождалась анализом произошедших за XX столетие изменений озёрного фонда. Как уже указывалось, в ходе работ по оценке водного фонда России, был произведён полный учёт всех водных объектов, площади которых превышали 1 км² (или 0.2/0.5 км² - при низкой озёрности конкретного региона и значительном вкладе малых водоёмов в общую величину его водных ресурсов). Это позволило сформировать обширную базу современных морфометрических характеристик больших, средних, а также наиболее крупных малых озёр Российской Федерации, сопоставимую с базой данных по озёрам, включённым в своё время в Водный кадастр. Выявление изменений, происходящих с озёрным фондом, было проведено на основании сравнения современных площадей

озёр, полученных со спутниковых снимков, датируемых концом 2000-х – началом 2010-х годов, с предшествующими оценками, в том числе с данными Государственного водного кадастра (1960-е годы), картографическими материалами середины XX века, а также с литературными данными по морфометрическим характеристикам озёр.

Необходимо отметить, что количественные изменения водного фонда происходили в двух основных направлениях: с одной стороны, постоянно возрастало число создаваемых искусственных водоёмов (водохранилищ, прудов, обводнённых карьеров), с другой стороны под влиянием активной антропогенной деятельности наблюдались изменения площадей естественных водоёмов, приводящие в ряде случаев к фактическому исчезновению некоторых озёр [Измайлова, 2018 (в), Izmailova, 2018 (b)].

Проведённое сравнение современных морфометрических характеристик озёр с определёнными ранее, свидетельствует об изменениях, произошедших с фондом естественных водоёмов, прежде всего в наиболее освоенных в хозяйственном отношении регионах страны. Значимое снижение озёрного фонда было выявлено в центральной части Русской равнины и на юге ЕЧР, где оно происходило благодаря целому комплексу антропогенных факторов, однако имело наиболее выраженный характер в районах активного гидростроительства. Наряду с сокращением площадей, резко усилились процессы заиления и зарастания озёр высшей водной растительностью.

Озёрный фонд центральной части ЕЧР состоит преимущественно из малых водоёмов, большая часть которых (более 3/4) не достигает по площади зеркала 1 гектара, то есть величины, после которой водоём принято называть озером. На части территории Центрального федерального округа, лежащей южнее границы распространения Валдайского оледенения, из 5.5 тыс. озёр лишь 10 превышают по площади водного зеркала 10 км² и около 100 имеют площади от 1 до 10 км². В пределах Приволжского федерального округа 112 из 8 130 озёр имеют площадь более 1 км² и лишь 5 пресноводных и 2 солоноводных озера превышают 10 км².

Большинство наиболее крупных озёр центра ЕЧР расположено среди постледникового рельефа на территориях, охваченных в своё время московским оледенением. За границами московского оледенения даже средних озёр практически нет. В пределах территорий деградации ледниковых форм рельефа, оставшихся в наследие днепровского оледенения, всего 20 озёр превышают по площади 1 км². В средней части Волжского бассейна, за пределами распространения ледниковых форм рельефа, лишь два озера, расположенные в предгорьях Урала, можно отнести к категории средних.

Большинство озёр центральной части ЕЧР имеют гидрогенное происхождение и являются старицами, отличающимися небольшой продолжительностью жизни. Кроме стариц, в районах

распространения легко вымываемых пород распространены суффозионные и карстовые озёра.

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 [Измайлова, 2015 (в)]. Для центра Русской равнины характерно и сокращение площадей озёр, не гидрогенного происхождения. Прежде всего, уменьшилась площадь озёр, расположенных среди постледникового рельефа. По сравнению с серединой прошлого века активизировалось их зарастание высшей водной растительностью. В летний период площади покрытия макрофитами для многих озёр составляют до 70-95%. Произошло заметное зарастание и заболачивание озёр Мещерской низменности, где сконцентрирован ряд относительно крупных водоёмов. В летний период большая часть их акватории покрывается густой растительностью, усилилось заболачивание побережья. Наряду с зарастанием, происходит постепенное сокращение зеркала воды, особенно заметное, если сравнивать данные по площадям озёр, полученные по современным спутниковым снимкам с данными, собранными сотрудниками Косинской лимнологической станции во время исследований на Мещере в 1920-е гг. [Боруцкий, 1928, Спижарный, 1928]. Расположенность мещерских озёр недалеко от Москвы, свидетельствует о том, что наряду с природной ценностью они имеют и высокое рекреационное значение. Так что вопрос об их экологическом состоянии весьма актуален.

Зарастание, заболачивание и, связанное с ними, сокращения площадей озёр произошли и в других районах центра Русской равнины. Часть малых озёр к сегодняшнему дню фактически исчезли. Проблема заиления и зарастания водоёмов, вызванных антропогенным фактором, остро стоит и для крупных озёр, таких как Галичское и Неро. В оз. Неро общая площадь зарослей в начале 2000-х годов по сравнению с 1980-ми возросла на 30%, а запас биомассы макрофитов – на 40% [Состояние экосистемы..., 2008].

Согласно проведённым оценкам, 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 [Измайлова, 2018 (в)].

Постепенно происходящее сокращение количества озёр и, соответственно, площади озёрной поверхности на Восточно-Европейской Равнине неоднократно отмечалось разными авторами и ранее. Так, согласно оценкам [Яковлева, 1983], многие малые озёра Валдайской возвышенности и Поволжья уже к началу 1970-х гг. потеряли в связи с заилением более 50% своего объёма. Отмечалось постепенное сокращение озёр и в пределах Псковской области [Лесненко, 1988]. На юге Русской равнины под действием антропогенных факторов наряду с сокращением площадей озёр отмечалось также сокращение количества малых рек, превратившихся во временные водотоки [Дмитриева и др., 2008].

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, а также с очень высокой долей грунтового водозабора, особенно в центральных областях ЕЧР, 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.

Сопоставление данных по современным площадям всех озёр ЕЧР, превышающих 1 км², полученным со спутниковых снимков, с данными Водного кадастра, показал, что за последние полстолетия значительное сокращение озёрного фонда произошло в низовьях Волги, в районе западных подстепных ильменей Волго-Ахтубинской поймы (ЗПИ). В естественных условиях по режиму питания Западные подстепные ильмени подразделялись на проточные и обособляющиеся. Проточные располагались в основном вдоль речного русла, их уровенный режим определялся водным стоком р. Волги и р. Бахтемир. Обособляющиеся находились на севере и западе района, питание их происходило только в половодье, в межень питающие их протоки пересыхали. Со второй половины XX века большая часть ЗПИ имеет искусственное питание, находящееся в зависимости от механизированной подачи воды. Решение по дополнительному обводнению ильменей было принято после зарегулирования Волги, в 1959 г. начала работать соединяющая их оросительно-обводнительная система. Однако, строительство оросительно-обводнительной системы не уберегло ильмени от значительных экологических изменений, связанных с зарегулированием Волги. Тракты механической водоподдачи достаточно быстро засолились, и, на фоне сократившегося паводочного стока в низовьях Волги, ильмени стали недополучать воду. Наиболее отдалённые от русла и не заполняющиеся водой в течение нескольких лет ильмени начали постепенно засоляться, превращаясь со временем в солёные озёра. Значительная часть ильменей заилилась и сократилась в размерах, многие, удалённые от водоисточников рукавов Волги, осолонились или полностью пересохла.

Согласно проведённой оценке [Измайлова, 2015 б)], в результате изменений, произошедших с 1960-х гг. по настоящее время в регионе ЗПИ суммарная площадь зеркала водоёмов, превышающих 1 км², сократилась более чем на 40% (в 1.7 раза), а их количество – более чем на 30% (почти в 1.5 раза) (рисунок 3.34). Современная площадь водной поверхности ЗПИ, полученная при суммировании площадей всех водоёмов, превышающих при разливе 1 км², состав-

ляет ~465 км² причём количество таких водоёмов – чуть менее 200. Согласно данным Водного Кадастра в 1960-е годы суммарная площадь водной поверхности водоёмов, превышающих 1 км², составляла ~800 км², а количество таких водоёмов было ~300.

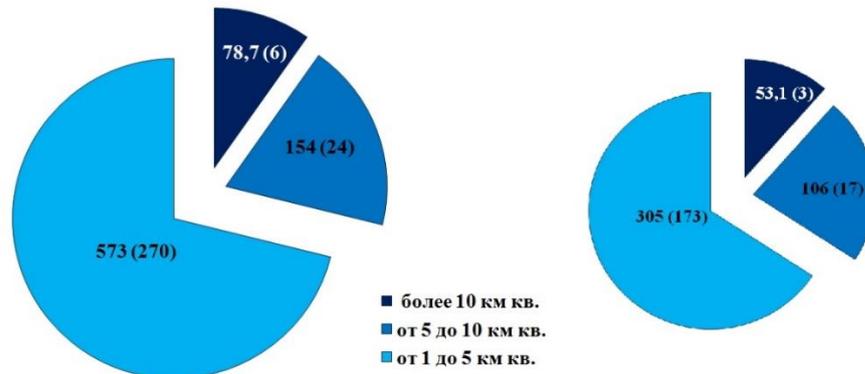


Рисунок 3.34. Сравнение площадей водного покрытия ЗПИ водоёмами, превышающими 1 км² в середине XX в. и в настоящее время.

Необходимо отметить, что на юге ЕЧР, где дефицит водных ресурсов особенно выражен, а плотность населения достаточно высока, водные ресурсы озёр, несмотря на их невысокие значения, используются достаточно активно. Так в наиболее аридном прикаспийском регионе использование озёрных вод, в том числе водоёмов, включённых в крупные гидротехнические системы, включает:

- Водообеспечение населённых пунктов, прежде всего расположенных в пойме и дельте р. Волги, включая как питьевое, так и промышленное водоснабжение.
- Обеспечение сельскохозяйственного водозабора. Вода из оросительно-обводнительных систем используется как для орошения сельхозугодий, так и для обводнения пастбищ и водоснабжения животноводства.
- Развитие рыбного хозяйства. Дельта Волги характеризуется богатейшим разнообразием биологических ресурсов, важную долю в котором занимают запасы промысловых полупроходных рыб: воблы *Rutilus caspicus*, леща *Abramis brama*, сазана *Cyprinus carpio*. Естественное воспроизводство этих видов происходит преимущественно на пойменных нерестилищах, расположенных в пойме и дельте Волги.

Кроме того

- Водные объекты дельты реки Волги и прибрежной полосы Каспийского моря представляют значительный рекреационный потенциал (включая туристический).
- Водно-болотные угодья дельты Волги охраняются Рамсарской конвенцией. Это самое большое в Европе место обитания водоплавающих птиц. Водно-болотные угодья выполняют и глобальную биосферную функцию поглотителя парниковых газов.

- Значительный биологический ресурс представляют макрофиты, активно произрастающие на периферийной части Западных подступных ильменей. В настоящее время они практически не используются, но являются хорошим строительным материалом и могут использоваться, как топливо.

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. С одной стороны, фонд естественных водоёмов компенсируется созданием огромного числа искусственных, а с другой – исчезает естественная среда обитания водной и околоводной флоры и фауны, в том числе редкой орнитофауны. Озёра, кроме всего прочего, часто обладают эстетической ценностью и являются объектами рекреации. Необходимо учитывать, что в сравнении с искусственными водоёмами, озёрные экосистемы схожего размера чаще всего характеризуются бóльшим видовым разнообразием и большей степенью устойчивости [Драбкова, Измайлова, 2014]. Гидростроительство, бесспорно, помогает решить проблемы водообеспечения, однако крайне нежелательно, чтобы оно сопровождалось фактически полной заменой естественных водоёмов искусственными.

Определённые изменения озёрного фонда происходят и в ряде регионов российской Азии, однако здесь, из-за недостаточности данных наблюдений и невысокой точности опубликованных морфометрических характеристик, полученные автором данные по современным морфометрическим характеристикам водоёмов не позволили выявить устойчивые тренды. Для расположенных на юге АЧР регионов неустойчивого и недостаточного увлажнения, характерны значительные изменения уровня воды и площадей зеркала, а, соответственно, и объёмов озёрных вод, как в течение года, так и в многолетнем разрезе. Эти изменения определяются чередованием фаз обводнения (маловодья и многоводья), обусловленных внутривековыми колебаниями климатических характеристик, среди которых определяющими являются атмосферные осадки и температура воздуха. Лишь в отдельных случаях можно отследить чёткую тенденцию изменения уровня озёр и связать её с антропогенной деятельностью. Так, даже с учётом циклических колебаний уровня, установлено сокращение площади оз. Чаны, происходящее на протяжении последних 200 лет [Ермолаев, Визер, 2010]. В течение 70-летнего периода наблюдений Росгидромета прослеживается устойчивый тренд снижения уровня оз. Убинское ($y = -3.4774x + 6935$) и ещё ряда озёр меньшего размера. Однако, для выявления региональных трендов, свидетельствующих об однонаправленном изменении площадей озёр какой-либо значимой по площади территории, полученных в рамках исследования данных оказалось недостаточно.

Сложно выявить чёткие тренды снижения или увеличения площадей озёр и для районов повсеместного распространения вечной мерзлоты, где эти изменения рассматриваются как ин-

дикатор происходящих климатических изменений, связанных с антропогенной деятельностью. Фиксируемые изменения часто обуславливаются гидрологическими факторами и носят циклический характер, при этом они могут определяться как короткопериодными колебаниями, так и колебаниями продолжительностью в несколько десятков лет. В последнее десятилетие вопросам изменения площадей озёр, расположенных в регионах повсеместного распространения многолетней мерзлоты, в научной литературе уделяется много внимания, однако из-за вышеупомянутых причин, публикуемые выводы подчас бывают достаточно противоречивы, хоть методические подходы к определению изменений площадей водоёмов постоянно совершенствуются. Проведённый нами в рамках новой оценки водных ресурсов озёр анализ изменения площадей больших и средних озёр северных регионов не позволил выявить чёткие тенденции ни по одному субъекту федерации, расположенному в пределах АЧР.

Глава 4. Количественные показатели фонда естественных и искусственных водоёмов РФ, позволяющие проводить водохозяйственное планирование

Несмотря на значительные водные ресурсы России, как возобновляемые, так и озёрные, которые даже без учёта российской части акватории Каспийского моря составляют около 15% от суммарного объёма вод в озёрах Земли, если ориентироваться на оценки М. Меубек, 1995 (179 000 км³), World Water..., 2003 (176 400 км³), С.В. Рянжин, 2005 (179 600 км³) (таблица 1.1), реальная обеспеченность водными ресурсами жителей различных частей страны сильно отличается. Она обуславливается как физико-географическими условиями конкретного региона проживания, так и особенностями его экономического развития.

4.1. Факторы, определяющие количественные показатели озёрного фонда

Как уже указывалось, важнейшими количественными показателями фонда естественных и искусственных водоёмов являются общее количество водоёмов в пределах территории, площади водной поверхности (или озёрность как её удельный показатель), и суммарные водные ресурсы. В данном разделе диссертации будут представлены карты, построенные на основе проведённой оценки фонда естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации, и проанализированы факторы, определяющие количественные показатели озёрного фонда.

4.1.1. Озёрность Российской Федерации

Для оценки пространственного распределения озёр по территории страны удобной характеристикой является озёрность. Как уже указывалось выше, *озёрностью* называют отношение суммы водной поверхности всех озёр, прудов и водохранилищ к площади суши данного бассейна, области или другого географического региона, выраженное в процентах [Пармузин, Карпов, 1994]. «*Природной (естественной) озёрностью*» мы решили называть отношение к площади региона суммарной водной поверхности лишь водоёмов естественного происхождения. В отличие от суммарной водной поверхности, озёрность является удельной величиной, что позволяет картировать её и проводить анализ пространственных изменений [Измайлова, Корнеенкова, 2017].

С географической точки зрения коэффициент озёрности является показателем возможности образования и дальнейшего существования водоёмов в данных физико-географических условиях. Значения озёрности различных озёрных регионов уже приводились в главе 3 данной

диссертационной работы, где, наряду с этим, рассматривались и физико-географические условия, определившие распространение в регионе тех или иных типов озёрных котловин. Более того, распределение коэффициента озёрности по территории страны учитывалось и при выделении самих озёрных регионов.

Согласно оценке, проведённой на основе полученных новых данных по фонду естественных и искусственных водоёмов страны, средняя естественная озёрность Российской Федерации, как уже указывалось, составляет около 1.9% (при общей озёрности – ~2.3%). В естественных условиях наибольшей озёрностью характеризуются северные территории. С учётом проведённого деления на озёрные регионы, это прежде всего Кольско-Карельский сегмент Балтийского кристаллического щита (средняя озёрность 13.6%) и северо-запад Русской плиты (6%), где доминируют озёрные котловины ледникового происхождения. Высокая озёрность характерна и для морских, моренных и водно-ледниковых равнин севера Сибири (5.4%) и севера Русской равнины (2.6%), где преобладающие по количеству термокарстовые водоёмы соседствуют с речными, ледниковыми, морскими, суффозионными и тектоническими. Максимальные значения озёрности (до 30% и более) наблюдаются здесь, прежде всего, на речных поймах и низких террасах, тогда как для дренированных водораздельных пространств характерны сниженные коэффициенты озёрности. Повышенная озёрность наблюдается практически на всей территории Западной Сибири (3.3%). Озёрность равнинных регионов Сибири, подвергавшихся оледенениям, составляет в среднем ~4%, за пределами распространения оледенения она несколько снижается, но даже в южной равнинной части, расположенной в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения составляет в среднем ~2%. Превышающие средние по стране значения озёрности наблюдаются и в пределах Центральноякутской равнины (2.5%), где соседствуют термокарстовые и гидрогенные водоёмы. Значения озёрности повышаются и на прибрежных равнинах Чёрного (2.1%) и Каспийского (~2.0%) морей, а также морей Тихого океана (2.2%), в том числе за счёт лагунных и лиманных водоёмов.

В рамках работ по оценке фонда естественных и искусственных водоёмов 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 Российской Федерации. На рисунке 4.1 представлена карта естественной озёрности.

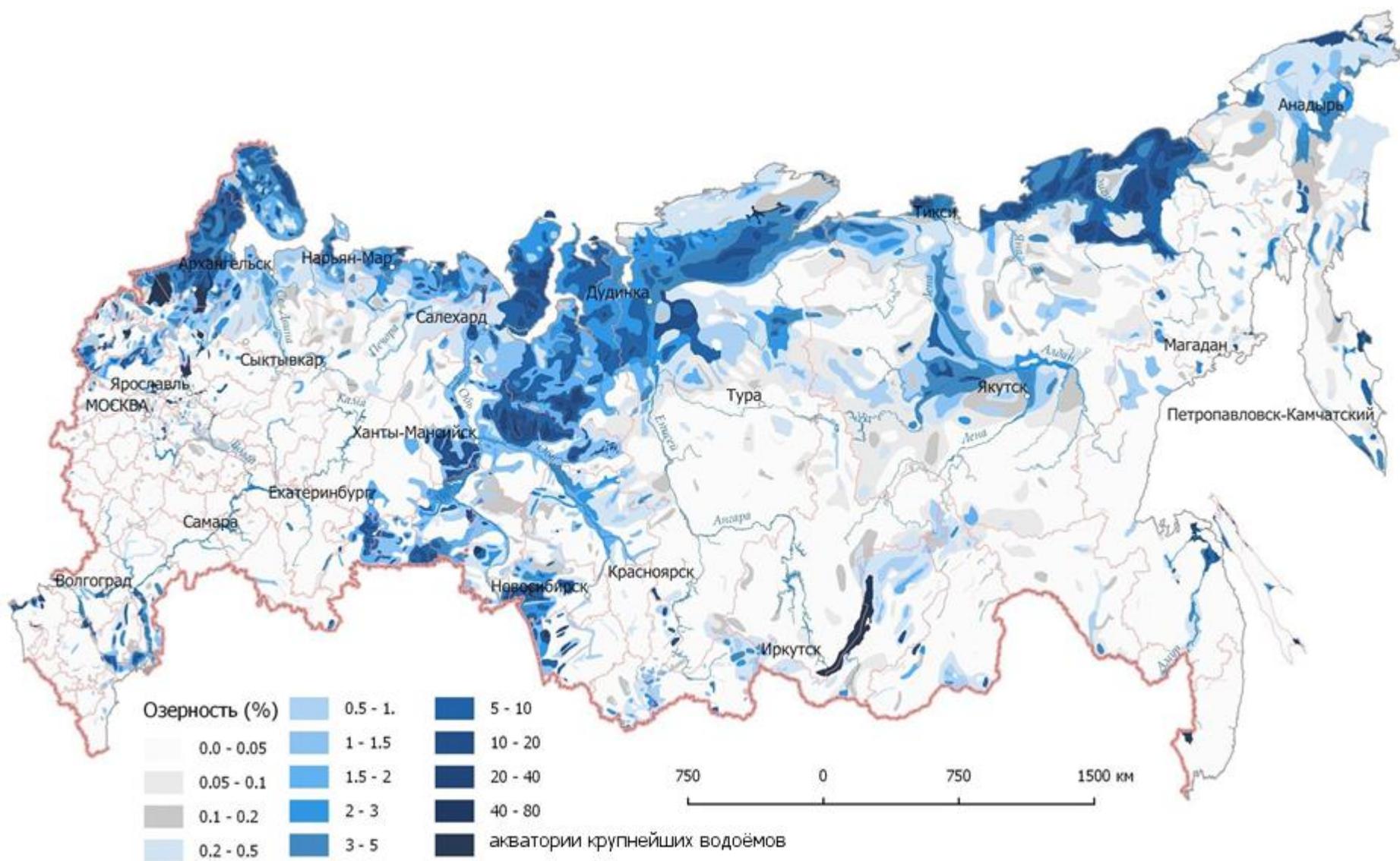


Рисунок 4.1. Карта естественной озёрности Российской Федерации.

Проведённый совместный анализ значений озёрности в узлах сетки и рассчитанных средних значений озёрности по субъектам Федерации, представленных ранее в таблице 3.2 (и рассмотренных, в том числе, и для удобства изложения полученных результатов), свидетельствуют, что несмотря на то, что большая часть водоёмов России сосредоточена в пределах арктической и субарктической зон, говорить о присутствии зависимости озёрности территории от континентальности климата или от широты местности нельзя. Анализ полученных карт озёрности не подтверждает бытующее в учебной литературе положение, что «пространственное распределение значений этого показателя определяется, в первую очередь, зональными изменениями структуры водного баланса суши» [Эдельштейн, 2014].

То есть, проведённый анализ оспаривает мнение, что «озёрность суши, зависящая, в основном, от климата и водного баланса природных зон, заметно увеличивается благоприятными для формирования озёрных котловин геоморфологическими особенностями регионов» [Эдельштейн, 2014], напротив, свидетельствуя, что распределение озёр по территории страны прежде всего определяется геологическими факторами, историей геологического развития региона и в меньшей степени зависит от его климатических характеристики.

Даже беглый взгляд на карту озёрности свидетельствует, 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. Так естественной озёрностью, не превышающей 0.1%, отличаются Орловская, Белгородская, Тульская области (средняя озёрность составляет тысячные доли процента), а также (по мере увеличения коэффициента озёрности) Тамбовская, Ульяновская, Липецкая, Калужская, Кировская области, Республики Мордовия и Удмуртия, Брянская, Курская, Пензенская области, Пермский край, Воронежская и Саратовская области, Республика Чувашия (сотые доли процента). С продвижением на юг и переходом в зону недостаточного увлажнения озёрность повышается, так что в среднем по Южному ФО её значения (без учёта искусственных водоёмов) составляют 0.94%.

В то же время, если рассматривать северо-запад ЕЧР (рисунок 4.2), чётко прослеживается зависимость озёрности от подстилающих пород, происходит резкое снижение коэффициента озёрности при переходе от Балтийского кристаллического щита к Русской плите. Средняя 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%.

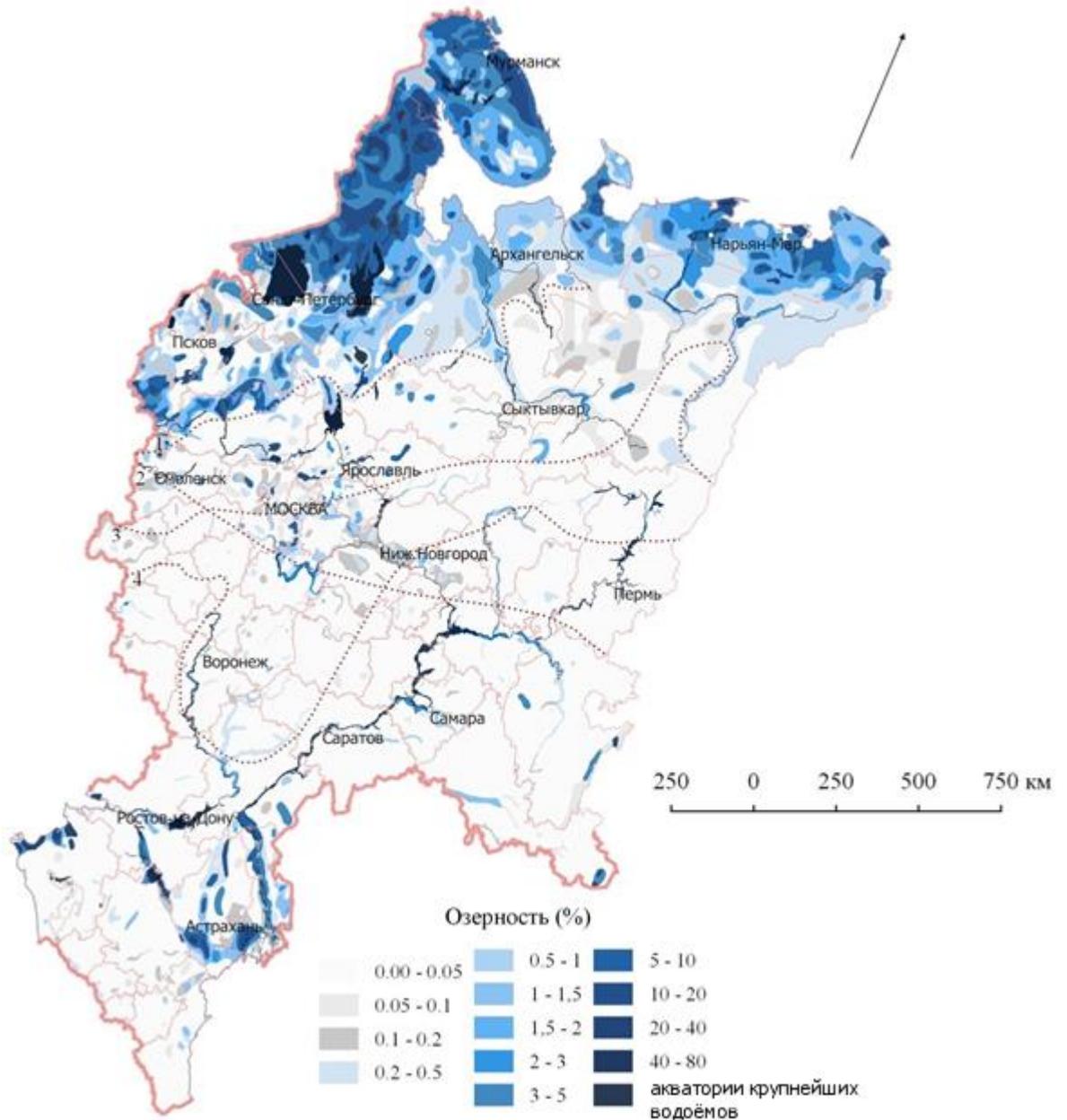


Рисунок 4.2. Карта естественной озёрности ЕЧР. Пунктирной линией приведены границы оледенений.

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 (расположенных на плите частей Ладожского и Онежского озёр, а также озёр Чудско-Псковского и Ильмень). Следующее резкое падение озёрности происходит за границами валдайского оледенения, и обусловлено изменением геологической истории региона. Естественная озёрность территорий значительного распространения ледниковых форм рельефа, оставшихся в наследие московского оледенения (без учёта искусственных водоёмов) 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%.

Как уже указывалось, 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 (среди субъектов федерации, входящих в УФО самая низкая естественная озёрность Свердловской области – 0.44%) и Алтай-Саянской горной страны (естественная озёрность Кемеровской области – 0.06%).

Пониженный коэффициент озёрности наблюдается на севере Дальнего Востока, в том числе в регионах распространения субарктического и муссонного климатов, так средняя озёрность (без учёта искусственных водоёмов) Магаданской области составляет лишь 0.24%, а Хабаровского края – 0.53%.

Наряду с анализом данных по озёрности отдельных регионов, для анализа изменений озёрности по территории страны, на основе данных, полученных в «выборочных квадратах», как уже указывалось, был произведён расчёт значений озёрности в узлах сетки, равномерно покрывающей всю территорию Российской Федерации. На основе полученных величин были построены графики распределения средних значений озёрности по широте как для всей Российской Федерации (рисунок 4.3), так и для выделенных в её пределах зон через каждые 15 градусов долготы (рисунок 4.4).

Анализ построенных диаграмм также подтверждает сделанный при анализе картографического материала вывод о том, что значения озёрности достаточно слабо определяются климатическими факторами. 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 (разница между осадками и испарением) почти по всей территории (рисунок 4.5), за исключением зон 130-145° и более 160° в.д., снижается. Интересно что повышенные значения увлажнённости, характерные, например, для Урала, Приамурско-Корейской горной страны или южной части острова Сахалин (рисунок 4.5), как раз совпадают с очень низкими значениями естественной озёрности (рисунок 4.1). Только недавно указывалось, что значения естественной озёрности Западно-Сибирской равнины при подходе к Уралу резко понижаются.

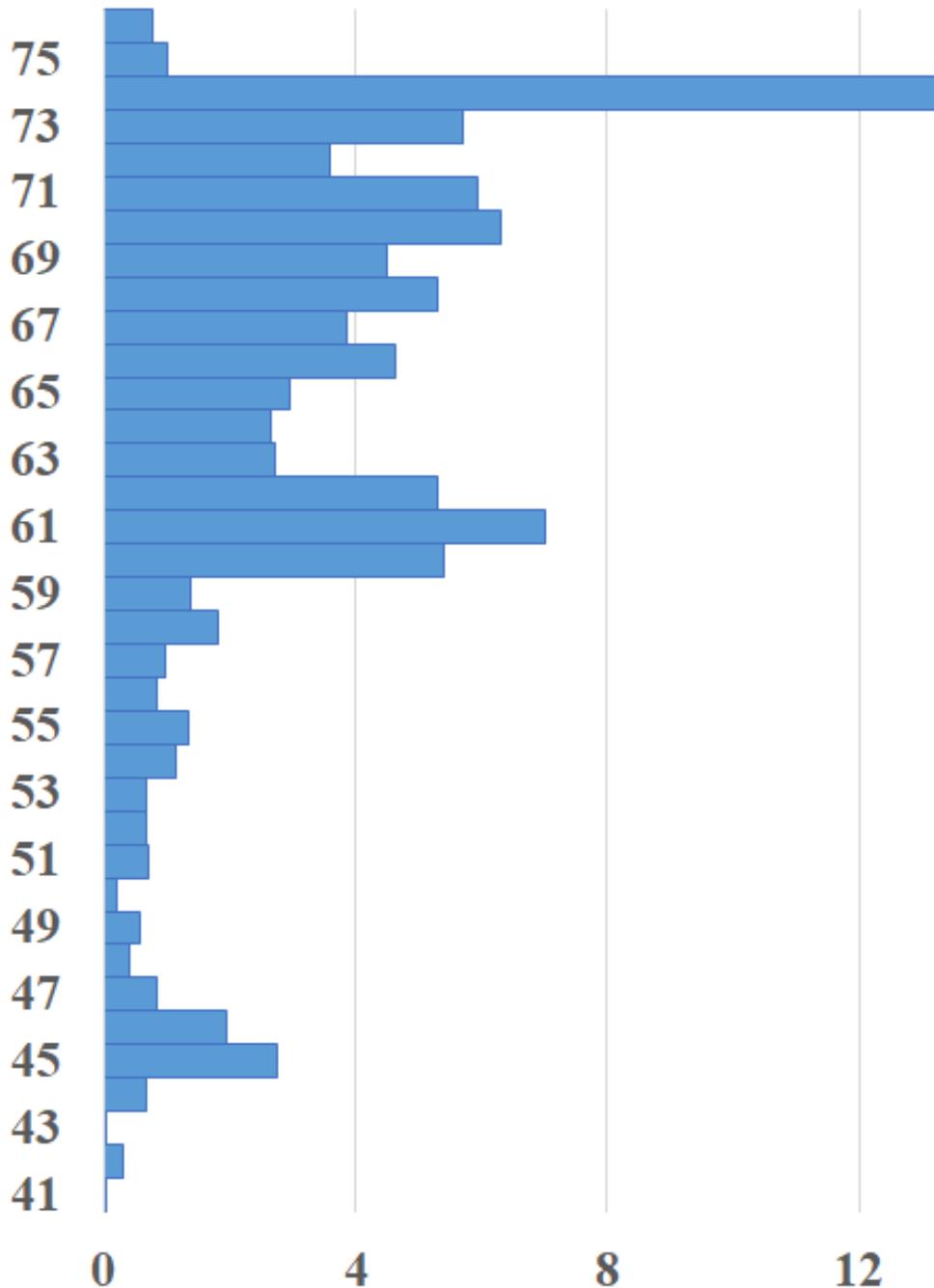


Рисунок 4.3. Средняя естественная озёрность РФ, рассчитанная по широтным зонам (с шагом 1°).

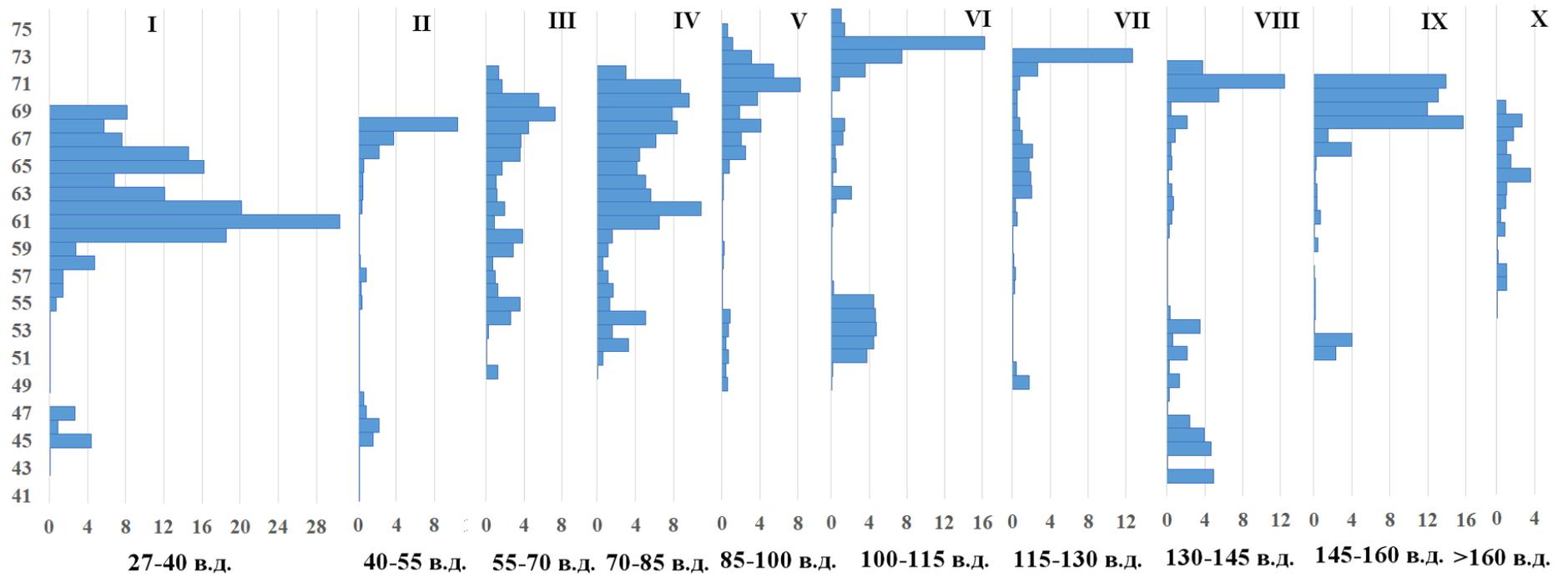


Рисунок 4.4. Средняя естественная озёрность, рассчитанная по трапециям (1° широты на 15° долготы).



Рисунок 4.5. Карта увлажнённости (разница между осадками и испарением) территории России (источник: Доклад..., <http://protown.ru/information/hide/2850.html>).

Для I выделенной 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, а также оз. Лаче. 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 (рисунок 4.6), характеризуется самой низкой в стране средней по зоне озёрностью (~ 0.45). Максимум озёрности наблюдается на побережье Баренцева моря ($\sim 10\%$ на широте 68° с.ш.), начиная с 65° с.ш. значения озёрности падают ниже 1% , несколько 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.

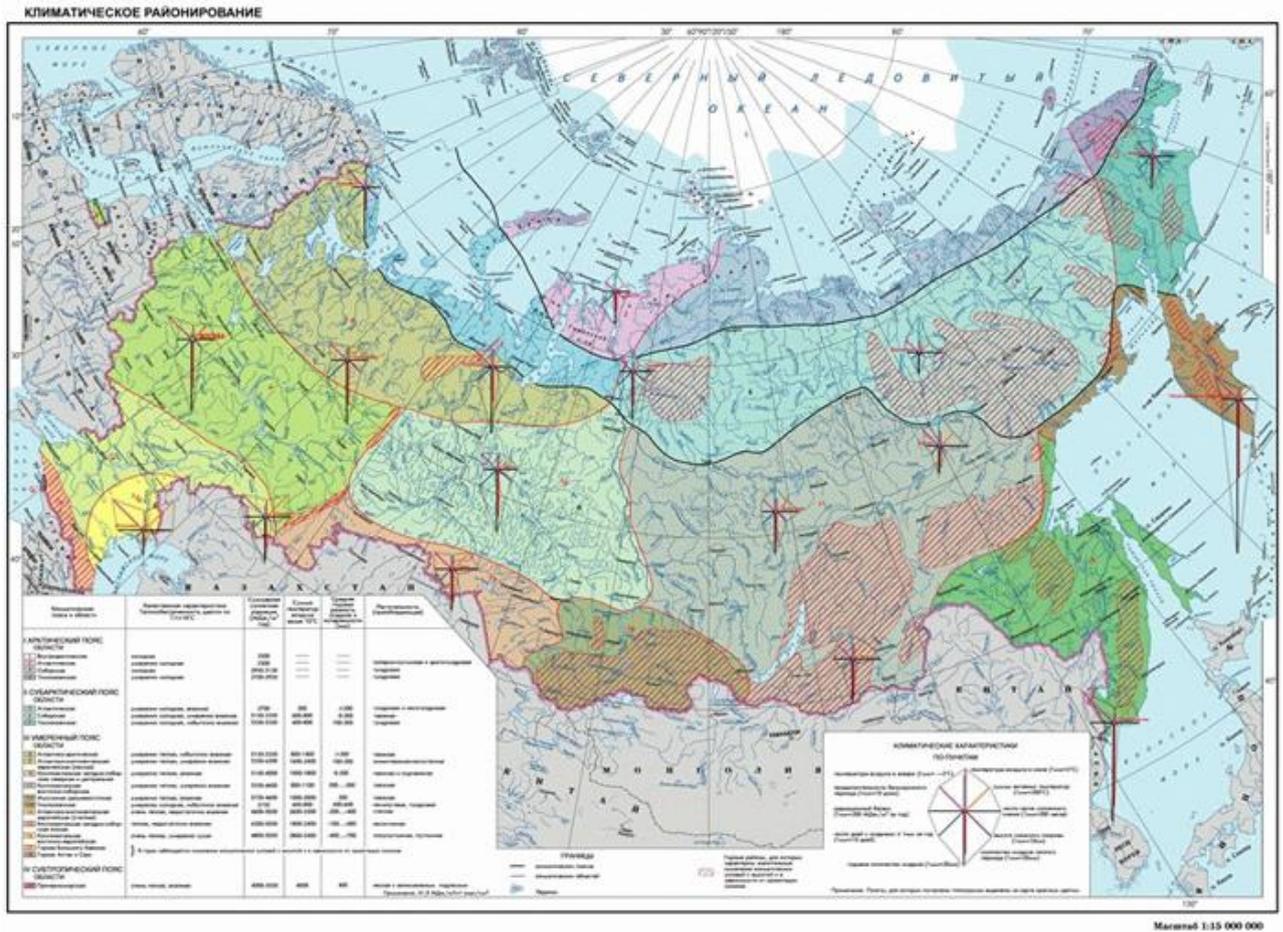


Рисунок 4.6. Карта климатического районирования России. Источник: Национальный атлас России, 2004.

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, однако её значительная часть на севере находится в зонах арктического и субарктического, а на юге – умеренного резко континентального климата. Среднее по зоне значение озёрности (~0.8%) существенно ниже среднего по стране. Между тем на широтах 66-70° внутри этой зоны расположено плато Путорана с его глубочайшими озёрами, однако максимум озёрности приходится не на плато Путорана (~2%), а на Северо-Сибирскую низменность (широта 71-72°, озёрность ~7%).

VI (100-115° в.д.) и VII (115-130° в.д.) зоны находятся в областях распространения арктического, субарктического и умеренного резко-континентального климатов. 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%). Обращает на себя внимание, что даже на юге VII зоны озёрность увеличивается, в том числе 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 климатов. 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.

IX и X зоны находятся в областях распространения арктического, субарктического и муссонного климатов. Между тем, если в IX зоне среднее значение озёрности, благодаря северным территориям, получается близким 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.

Как уже указывалось, за счёт сооружения искусственных водоёмов средняя озёрность Российской Федерации повысилась с 1.9 до 2.3%. При этом существенно возросла озёрность регионов, изначально характеризовавшихся её низкими значениями. Прежде всего, увеличение площадей водной поверхности произошло в центре и на юге ЕЧР (рисунок 4.7), в результате чего наблюдавшиеся здесь крайне низкие величины озёрности возросли на 1-2 порядка. При этом хочется ещё раз подчеркнуть, что увеличение общей озёрности сопровождалось во многих областях снижением величин естественной озёрности, в значительной степени происходящим из-за изменения системы дренажа при создании искусственных водоёмов.

Наряду с европейской частью страны, увеличение коэффициента озёрности за счёт строительства искусственных водоёмов происходило и в её азиатской части, однако не столь значительно. Обращает на себя внимание, что, несмотря на тот факт, что около 80% всех водоёмов России сосредоточены в пределах АЧР, средняя озёрность, как в естественных условиях, так и с учётом строительства искусственных водоёмов, в европейской части страны выше.

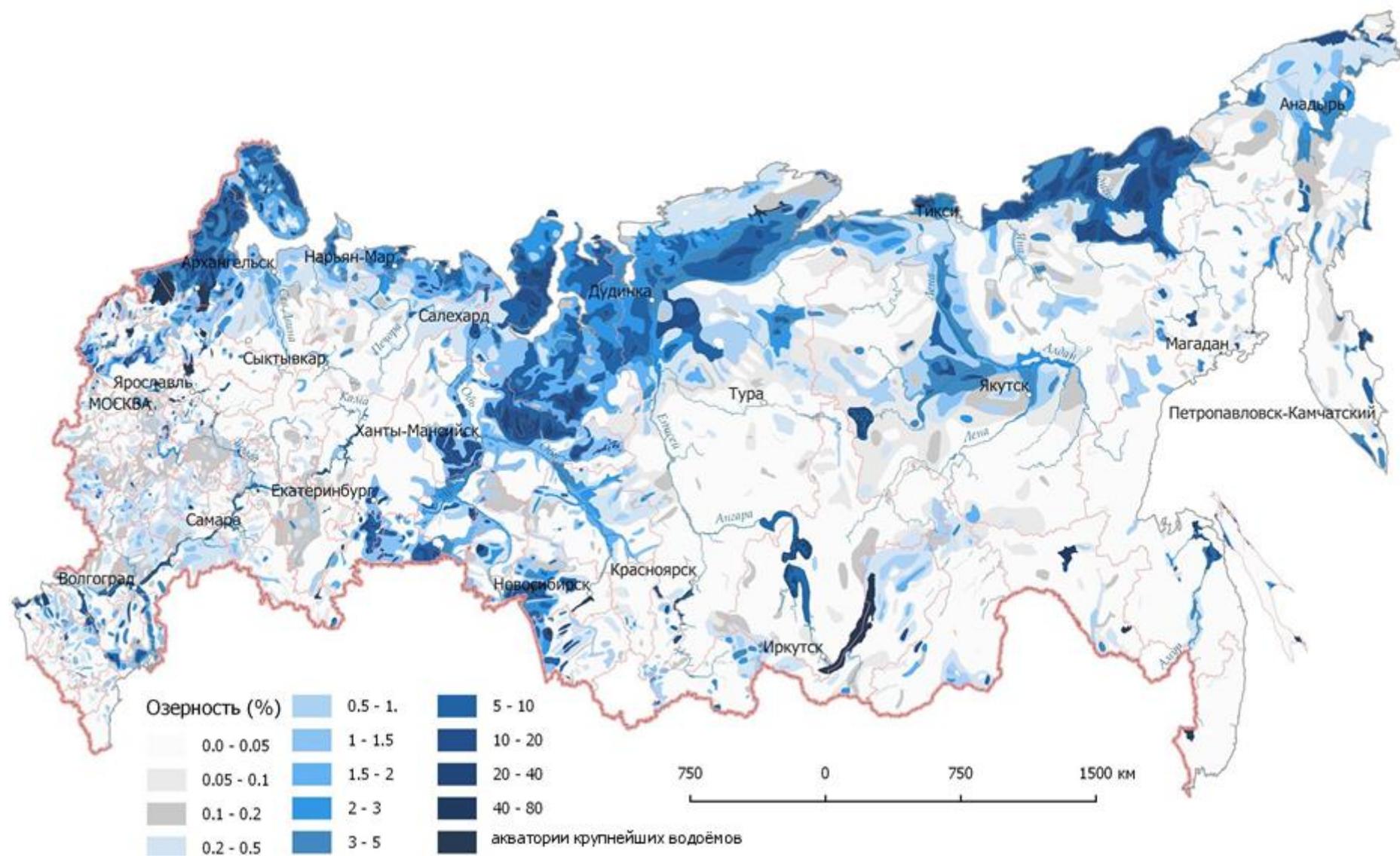


Рисунок 4.7 Карта озёрности Российской Федерации.

4.1.2. Густота озёрной сети в пределах Российской Федерации

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 картировать 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 (рисунки 4.8 и 4.9).

Ожидаемо, что карты озёрности и густоты озёрной сети характеризуются значительным сходством. В то же время определённые 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 4.9, где густота озёрной сети приводится с учётом водоёмов, превышающих 1 км². 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, посчитанной для водоёмов площадью более 1 га, наиболее заозёрненными 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.

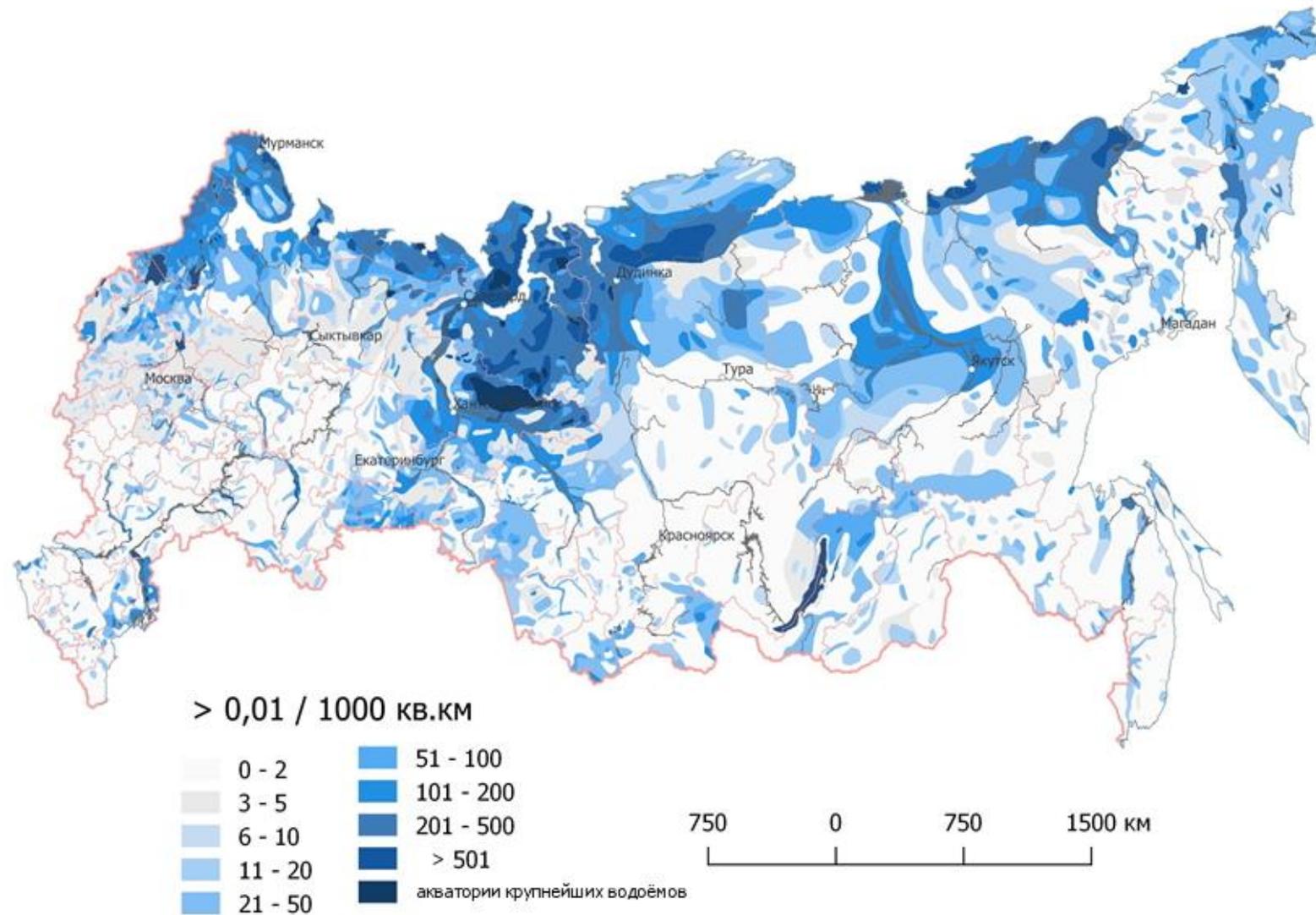


Рисунок 4.8. Карта густоты озёрной сети Российской Федерации, с учётом всех водоёмов, превышающих 1 га.

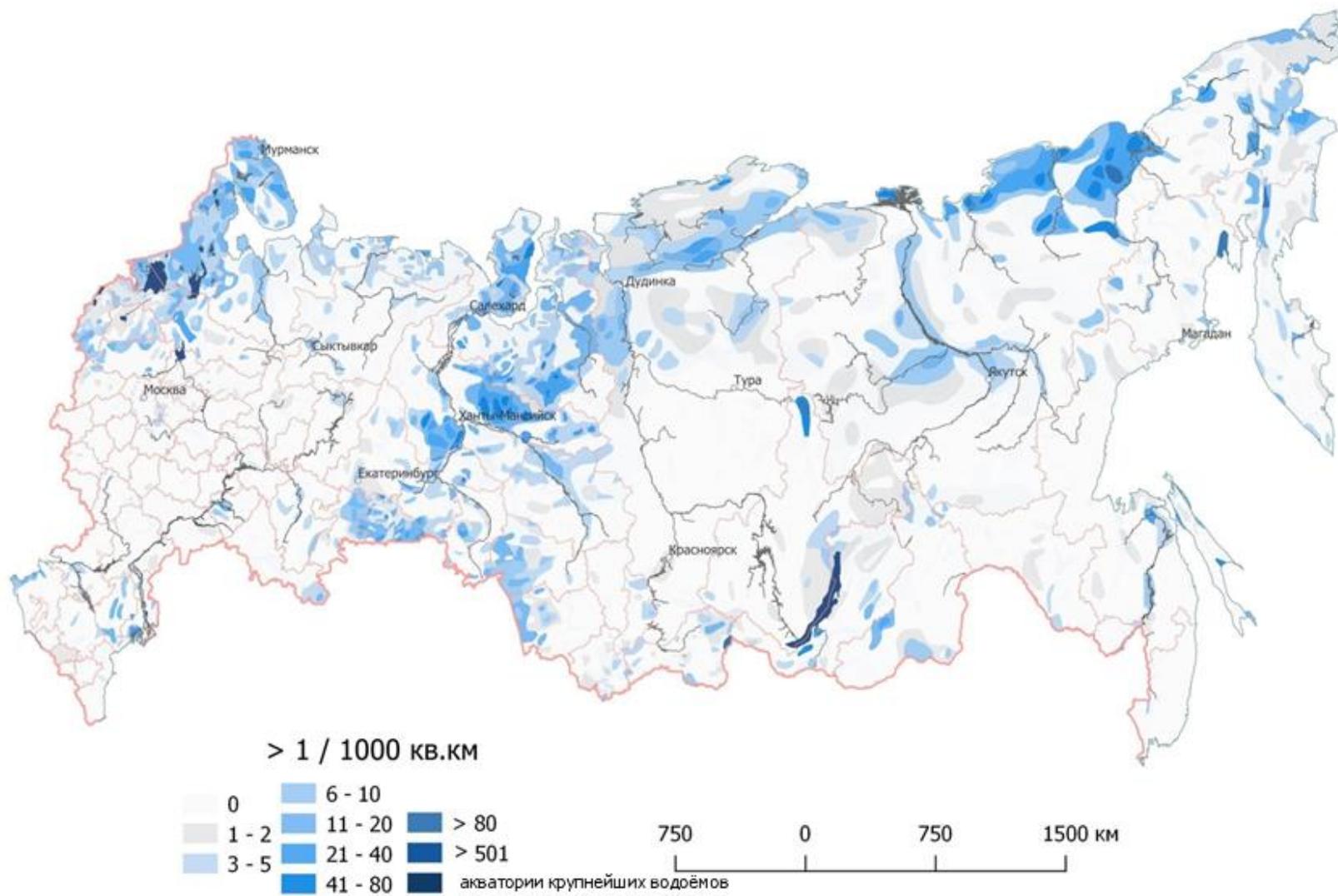


Рисунок 4.9. Карта густоты озёрной сети Российской Федерации, с учётом водоёмов, превышающих 1 км².

Таким образом, карты густоты озёрной сети можно рассматривать как некоторое дополнение к карте озёрности. Они уточняют детали количественного распределения озёр малой площади и соотношение озёр предельно малых площадей к более крупным. Кроме того, карты густоты озёрной сети также подтверждают положение, что распределение озёр по территории страны прежде всего определяется геологическими факторами, историей геологического развития региона. И оспаривают бытующее в учебной литературе мнение, что с продвижением на юг и увеличением сухости климата количество озёр уменьшается.

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

Показатели общего количества водоёмов в пределах региона, а также его озёрности, прежде всего, свидетельствуют о возможностях образования и дальнейшего существования водоёмов в данных физико-географических условиях, при этом они слабо отражают общие запасы озёрных вод. Так, естественная озёрность республики Алтай всего 0.59% (более чем в 3 раза ниже средней по стране), в то же время благодаря Телецкому озеру её озёрные водные ресурсы составляют 40.9 км³, то есть они выше, чем в Ханты-Мансийском автономного округа (35.5 км³), озёрность которого (4.25) в два раза превышает среднюю по стране. Значения озёрности не всегда зависят и от общего количества водоёмов, расположенных в пределах данной территории. Озёрность Ленинградской области только за счёт акватории Ладожского озера увеличена более чем в 5 раз (с 2.2 до 11.9%), Республики Карелия за счёт Ладожского и Онежского озёр почти в 2 раза (с 9.5 до 18.9%), Псковской области за счёт акватории Псковско-Чудского озера в 2.7 раза (с 2 до 5.7), Новгородской области за счёт акватории оз. Ильмень почти в 3 раза (с 1.1 до 3.1%), а Иркутской области и Республики Бурятия за счёт акватории оз. Байкал, соответственно в 14 (с 0.1 до 1.4%) и 13 (с 0.5 до 6.5%) раз. На рисунке 4.10 представлены зависимости между суммарными площадями водной поверхности территории и водными ресурсами расположенных в её пределах озёр (а) и между суммарными площадями водной поверхности и общим количеством естественных водоёмов (б), построенные на основе данных, полученных в процессе оценки озёрного фонда по всем субъектам РФ.

Как видно из графика 4.10 (а), связь между площадью водной поверхности и значениями суммарных водозапаса бесспорно присутствует, однако высокая озёрность территории ещё не является показателем значительных водозапасов. Так, в пределах азиатской части РФ около 98% озёрных вод сконцентрировано в её горной части (занимающей более 40% АЧР), в то же время здесь расположено лишь ~6% от общего числа водоёмов.

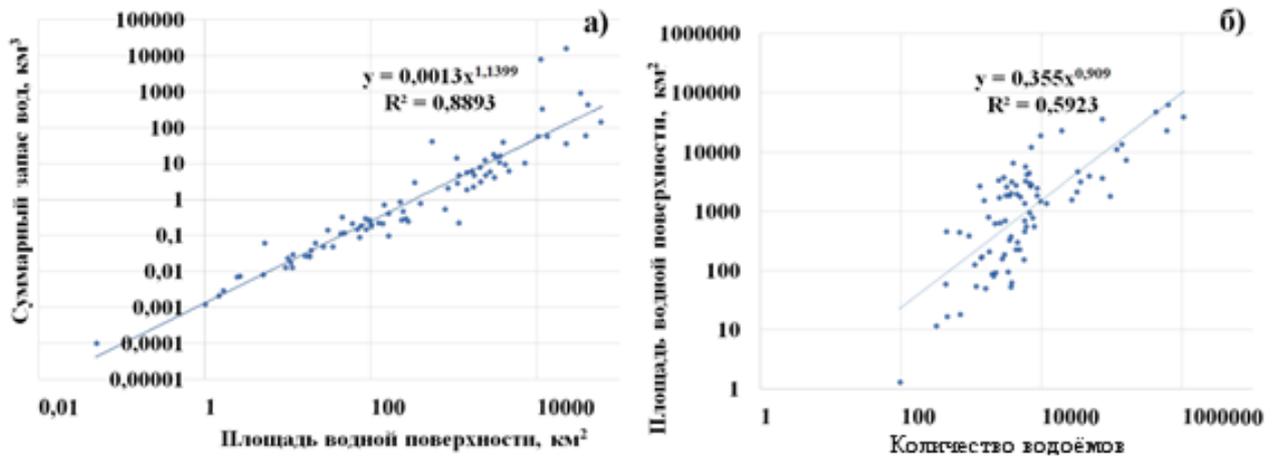


Рисунок 4.10. Связи между суммарными площадями водной поверхности территории и водными ресурсами расположенных в её пределах озёр (а) и между суммарными площадями водной поверхности территории и общим количеством расположенных в её пределах озёр (б).

Значительные водозапасы могут определяться наличием в регионе лишь одного или нескольких крупных глубоких озёр, как например уже упомянутого Телецкого озера. Ярким примером является и оз. Байкал, вмещающее в себя ~91% озёрных вод России. То есть, если повышенная озёрность, прежде всего, наблюдается в регионах, относительно недавно (по геологическим меркам) освободившихся от ледникового покрова или морских вод, то основные объёмы воды сконцентрированы в крупнейших котловинах тектонического происхождения, приуроченных как к кристаллическому щиту, так и к горным регионам, тогда как последние характеризуются преимущественно низкой озёрностью.

Несмотря на схожесть карт озёрности и густоты озёрной сети (рисунки 4.1, 4.8, 4.9), график 4.10-б свидетельствует, что связь между озёрностью территории и общим количеством содержащихся в её пределах водоёмов ещё менее выражена. Около 60% водоёмов страны расположено в зоне прибрежных равнин морей Северного Ледовитого океана, по большей части характеризующихся выровненностью поверхности и лежащих в пределах арктической и субарктической климатических зон. Большинство расположенных здесь водоёмов имеют абсолютно малые размеры, однако анализ полученных нами данных свидетельствует, что даже при значительном сходстве в происхождении большинства расположенных вдоль побережья озёрных котловин, по мере продвижения на восток наблюдается заметное увеличение среднего размера водоёмов, а количество мелких котловин, занятых водой, снижается. В пределах морских равнин Печорского моря лишь около 0.9% озёр (при учёте лишь водоёмов, превышающих 1 га) имеют площади более 1 км², в пределах морских и водно-ледниковых равнин Западной Сибири их доля повышается до 1.1%, на зандровых и ледниково-морских равнинах Северо-Сибирской низменности – до 1.5%, а на озёрно-аллювиальных равнинах Яно-Индибирской, Колымской и Абыйской низменностей она составляет уже 3.9%. При этом снижается и процент водоёмов, не

достигающих по размеру 1 га. Как результат, при огромном количестве водоёмов, расположенных в пределах морских и водно-ледниковых равнин Западной Сибири (дешифрируется ~1.1 млн. водоёмов, включая не достигающие по размеру 1 га), суммарная площадь их водной поверхности немногим превышает суммарную площадь водной поверхности водоёмов задровых и ледниково-морских равнинах Северо-Сибирской низменности (~350 тыс. водоёмов). Кроме того, она существенно уступает суммарной площади водной поверхности озёрно-аллювиальных равнин Яно-Индибирской, Колымской и Абыйской низменностей (~550 тыс. водоёмов).

Значительный процент водоёмов, превышающих по площади 1 км² наблюдается на юге Западной Сибири (~10%), в пределах зоны распространения валдайского оледенения (>5%) и на юге европейской части России (чуть менее 5%). В то время, как в среднем по стране доля озёр, превышающих по площади 1 км², составляет ~2% от суммарного числа озёр (водоёмов площадью более 1 га).

Однако основной причиной нарушения связи между суммарными площадями водной поверхности территории и общим количеством расположенных в её пределах водоёмов являются всё же средние и большие озёра (превышающие по площади 10 км²). В среднем по стране их доля (отношение числа озёр, превышающих 10 км² к числу озёр с площадью от 0.01 км²) составляет ~0.11%. Наибольший процент средних и больших озёр приходится на юг Западной Сибири (~1%), юг ЕЧР (0.6%) и зону распространения валдайского оледенения (0.45%).

Подводя итог, необходимо отметить, что климатические факторы, что хорошо известно и бесспорно, оказывают важнейшее влияние на функционирование озёрных экосистем, но, в то же время возникновение озёр, прежде всего, определяется геологической историей развития региона, так что распределение озёр достаточно слабо зависит от его климатических характеристик. Как результат наибольшими запасами озёрных вод России обладают субъекты федерации, расположенные на юге АЧР, в пределах резко-континентального климата – Республика Бурятия и Иркутская область, тогда как наименьшими водными ресурсами озёр характеризуются области, расположенные в центральной части Восточно-Европейской равнины, где господствует умеренно-континентальный климат.

С учётом того факта, что именно в центре ЕЧР проживает основное население страны и сконцентрирована большая часть её промышленного потенциала, необходимо констатировать, что, несмотря на огромную величину суммарных водных ресурсов страны (как быстро возобновляемых, так и содержащихся в естественных водоёмах), и огромное число озёр в её пределах, обеспеченность водой многих наиболее нуждающихся в ней регионов достаточно низкая. В ряде регионов её значения увеличены лишь за счёт активного создания искусственных водоёмов.

4.2. *Согласованность центров размещения населения и хозяйственного развития с фондом естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации*

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

Российская Федерация по праву считается одной из наиболее обеспеченных водными ресурсами стран мира. По величине возобновляемых ресурсов (включающих речной сток с его подземной составляющей), оценённых в 4 322 км³/год [Водные ресурсы..., 2008] или ~11% от планетарной величины, она уступает лишь Бразилии (6 220 км³). Наряду с этим в озёрах РФ содержится ещё ~25 855 км³ пресной воды [Измайлова, 2016, б], то есть более четверти от общих мировых запасов пресных озёрных вод (91 000 км³), если ориентироваться на оценку, опубликованную [World..., 2003]. Однако, несмотря на огромный суммарный объём вод, для страны характерна значительная пространственная неоднородность распределения водных ресурсов и водообеспеченности, обуславливаемые как физико-географическими условиями конкретного региона, так и особенностями его экономического развития.

Согласно данным Атласа мирового водного баланса [Мировой..., 1974], почти 1/5 площади России занимает зона недостаточного увлажнения, характеризующаяся естественным дефицитом водных ресурсов. В её пределах на сегодняшний день проживает более 40% населения страны, из которых ~2/3 – на юге европейской части России. Наряду с зоной недостаточного увлажнения дефицит водных ресурсов наблюдается и в центральной части ЕЧР, характеризующейся как повышенной плотностью населения, так и высокой концентрацией промышленного производства при преобладающем развитии отраслей обрабатывающей промышленности. Согласно [Георгиевский и др., 2013], в пределах ЕЧР очень низкой водообеспеченностью отличается бассейн р. Северный Донец (0.87 тыс. м³/чел), а низкой (до 5 тыс. м³/чел) – бассейны рек Дон, Кубань, Терек, Ока, Клязьма, Сура и Урал. В то же время высокими значениями водных ресурсов (как быстро возобновляемых, так и озёрных) характеризуются северные регионы страны, обладающие большими запасами минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, и остающиеся, в то же время, наименее заселёнными и слабо освоенными территориями. Таким образом, несмотря на значительные суммарные водные ресурсы России, как возобновляемые, так и сосредоточенные в водоёмах, характеризующихся замедленным водообменом, размещение населения и основных центров промышленного и сельскохозяйственного производства плохо согласовано с их пространственным распределением.

На рисунке 4.11 представлено распределение площадей федеральных округов России, количества расположенных в их пределах водоёмов, объёмов содержащихся вод, в сравнении с

проживающем населением и производимым валовым региональным продуктом (ВРП). ВРП был рассчитан до внесения изменений в состав Федеральных округов.

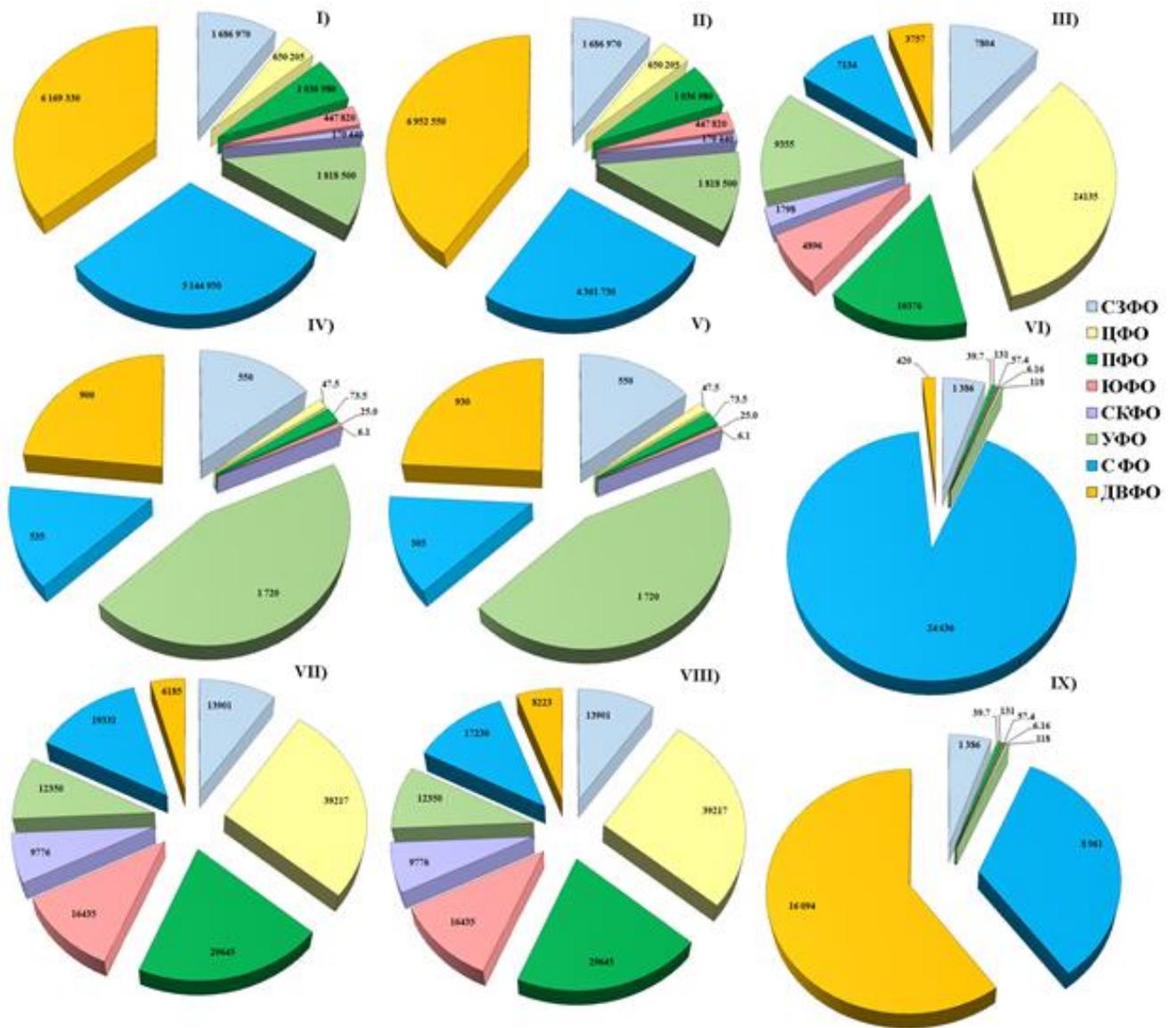


Рисунок 4.11. Распределение водных ресурсов РФ, содержащихся как в естественных, так и в искусственных водоёмах по Федеральным округам: I) – площади округов (км^2) в их старых границах, II) – площади округов (км^2) в их новых границах, III) – ВРП (валовый региональный продукт, млрд. руб. по данным Росстата за 2016 год, IV) – общее кол-во водоёмов (тыс.) с учётом старых границ округов, V) – общее кол-во водоёмов (тыс.) с учётом новых границ округов, VI) – объёмы воды (км^3) с учётом старых границ округов, VII) – население (тыс. чел.) в старых границах округов, VIII) – население (тыс. чел.) в новых границах округов, IX) – объёмы воды (км^3) с учётом новых границ округов.

Обращают на себя внимание как невысокая согласованность доли каждого из округов в общем количестве водоёмов, в сравнении с их долей в суммарной площади водной поверхности и практическое отсутствие согласованности с суммарной величиной водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов, так и тот факт, что наибольшими водными ресурсами характеризуются округа, с одной стороны обладающие высокими запасами минерально-сырьевых

и топливно-энергетических ресурсов, а с другой – остающиеся наименее заселёнными и освоенными. Для большинства федеральных округов, характеризующихся максимальной плотностью населения и вносящих наибольший вклад в валовый национальный продукт (ВНП) страны, суммарные водные ресурсы озёр невелики. Однако, необходимо отметить, что за последнее столетие они существенно увеличены за счёт строительства искусственных водоёмов.

Среди всех федеральных округов РФ наибольшим числом озёр отличается Уральский. На его долю приходится немногим менее половины всех водоёмов (~1 720 000 из ~3 900 000), дешифрируемых на спутниковых снимках. Округ отличается повышенной озёрностью практически на всей своей территории. Огромное число озёр расположено также в Дальневосточном, Северо-Западном и Сибирском ФО. При этом для Северо-Западного округа по целому ряду широтных зон характерны и наиболее высокие в стране значения озёрности. В Сибирском и Дальневосточном округах повышенные значения озёрности наблюдаются в высоких широтах, затем они резко снижаются, несколько повышаясь в южных частях округов. На рисунке 4.12 представлено распределение естественной озёрности внутри округов (в их старых границах, когда вся акватория оз. Байкал входила в Сибирский ФО) по широтным зонам с шагом 1 градус.

Наименьшим количеством естественных водоёмов и наименьшей естественной озёрностью в пределах России характеризуются Центральный, Приволжский, Южный и Северо-Кавказский федеральные округа, в которых проживает более половины населения страны, и на совместную долю которых приходится производство более половины ВНП. Как уже указывалось, значения озёрности увеличены здесь лишь за счёт активного создания искусственных водоёмов. Изменения озёрности по широтным зонам в пределах Федеральных округов ЕЧР, произошедшие благодаря гидростроительству, показаны на рисунке 4.13. Наибольший рост озёрности характерен для Приволжского ФО, в пределах которого построены крупнейшие водохранилища Волжско-Камского каскада. За счёт крупных искусственных водоёмов средняя озёрность Приволжского ФО возросла почти в 19 раз, Центрального – почти в 5, Южного – в 3 раза, а Северо-Кавказского – в 2.5. В пределах ЦФО большинство относительно крупных водохранилищ сосредоточено в северной части (54-56° с.ш.) округа, характеризующейся и повышенной озёрностью. На юге крупных водохранилищ практически нет. Из-за отсутствия большого числа крупных водохранилищ повышение средней озёрности ЦФО не столь значительно как для ПФО. В то же время за счёт мелких искусственных водоёмов и небольшого числа средних водохранилищ озёрность южных областей ЦФО, характеризующихся малым количеством естественных водоёмов, увеличена на порядок.

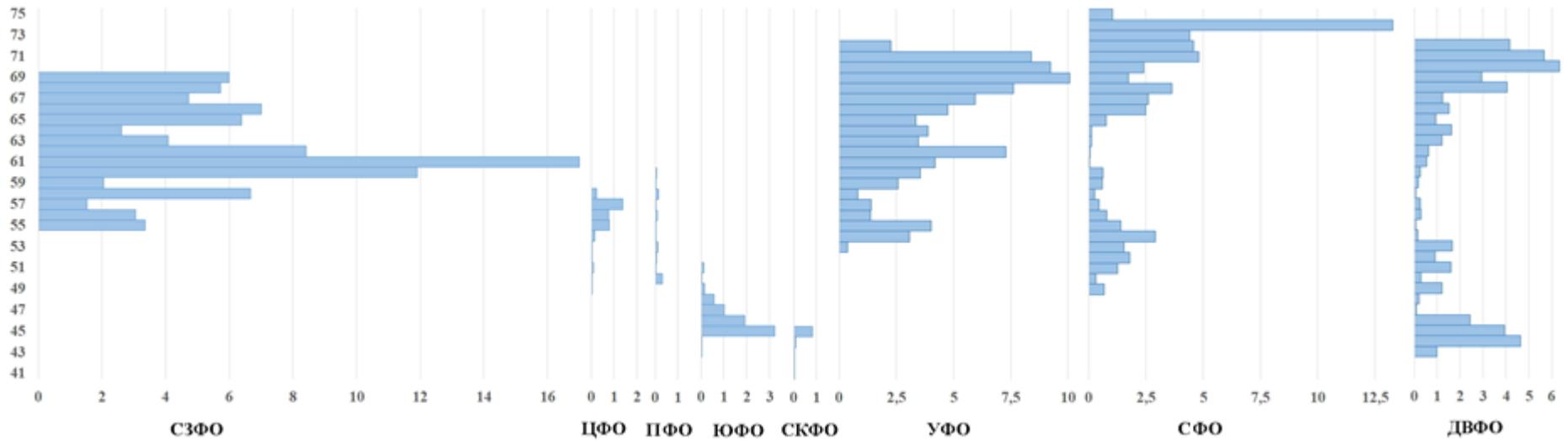


Рисунок 4.12. Осреднённая по широтам (с шагом 1°) естественная озёрность по Федеральным округам России (в их старых границах).

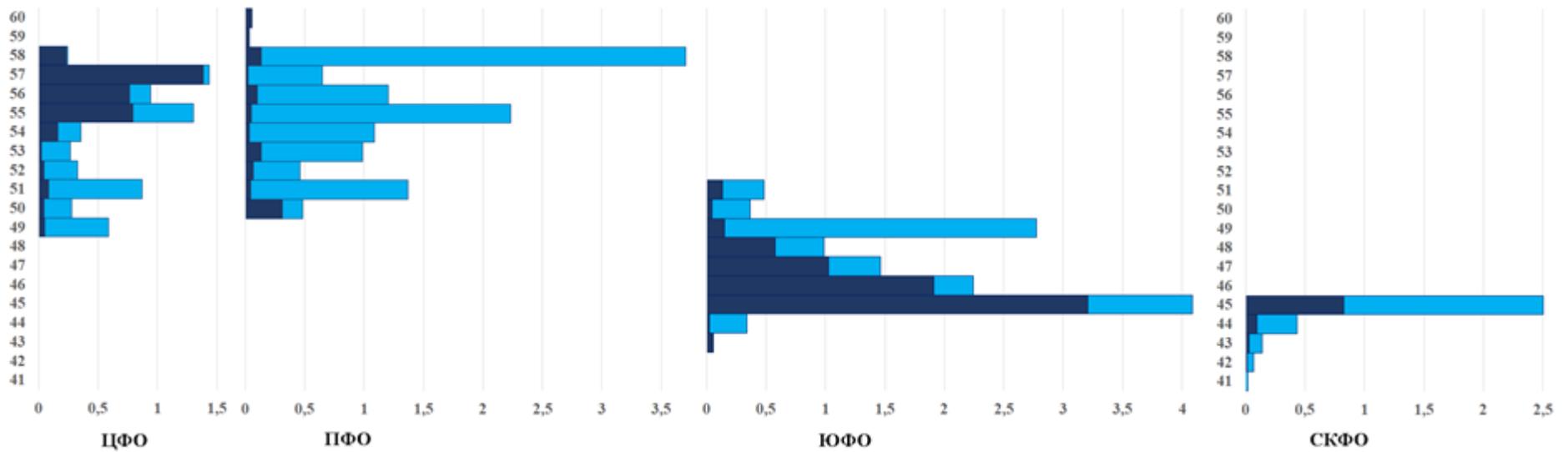


Рисунок 4.13. Осреднённая по широтам (с шагом 1°) естественная и общая озёрность по Федеральным округам центра и юга ЕЧР.

В пределах ЮФО значительное увеличение озёрности приходится на 47-51 градусы широты, где расположены нижние водохранилища Волжского каскада и Цимлянское водохранилище на р. Дон. В пределах Северо-Кавказского ФО наибольший рост озёрности связан с крупным гидростроительством в пределах Кумо-Манычской впадины (здесь находятся Пролетарское и Чограйское водохранилища, а также произошло значительное изменение площадей и режима естественных водоёмов, расположенных вдоль трасс перебросок стока).

Среди субъектов Федерации, расположенных в пределах ЕЧР, наибольший рост озёрности (более чем в 50 раз) наблюдается в Ульяновской области (с 0.03 до 7.1%), республиках Адыгея (с 0.06 до 5.66%), Татарстан (с 0.11 до 6.45%) и Марий Эл (с 0.13 до 6.54%), Белгородской (с 0.006 до 0.61%) и Орловской областях (с 0.004 до 0.22%), а также в Республике Северная Осетия (0.001 до 0.14%). Благодаря созданию искусственных водоёмов площадь водной поверхности в пределах ЕЧР возросла почти в 1.5 раза, а средняя озёрность на 1% (с 2.1 до 3.1%).

В азиатской части страны увеличение озёрности за счёт строительства водохранилищ не столь выражено (рисунок 4.14). Суммарная площадь водной поверхности возросла здесь за счёт гидростроительства в 1.1 раза, а средняя озёрность на 0.2% (с 1.9 до 2.1%). Её наибольший рост наблюдался в Амурской (в 16 раз, с 0.05 до 0.82%) и Кемеровской областях (в 3 раза, с 0.06 до 0.18%), республике Хакасия (в 2.4 раза, с 0.55 до 1.3%) и Свердловской области (в 1.5 раза, с 0.44 до 0.7%). Значения озёрности в пределах округов могут изменяться достаточно резко, и их снижение, как уже указывалось, не всегда связано с уменьшением количества водоёмов.

Как уже указывалось, величины озёрности и количество водоёмов в пределах территории часто не отражают водные запасы. Так, при том, что УФО характеризуется высокими значениями озёрности почти по всей территории, а в его пределах расположено немногим менее половины всех водоёмов России, в силу того, что почти все они мелководные, суммарные водные ресурсы естественных и искусственных водоёмов УФО относительно невелики (118 км³). Из почти 550 000 водоёмов, расположенных в Северо-Западном ФО, около половины (~270 000) приходится на республику Коми и Ненецкий автономный округ. Абсолютное большинство водоёмов имеют здесь малые размеры, и лишь 36 относятся к категории средних и больших. Суммарный объём озёрных вод в этих двух субъектах федерации (14.7 км³) составляет только ~1% от общего запаса вод, содержащегося в водоёмах СЗФО. Отсутствие выраженной связи между величинами водных ресурсов территории и общим количеством расположенных в её пределах водоёмов хорошо видно из графика (рисунок 4.15).

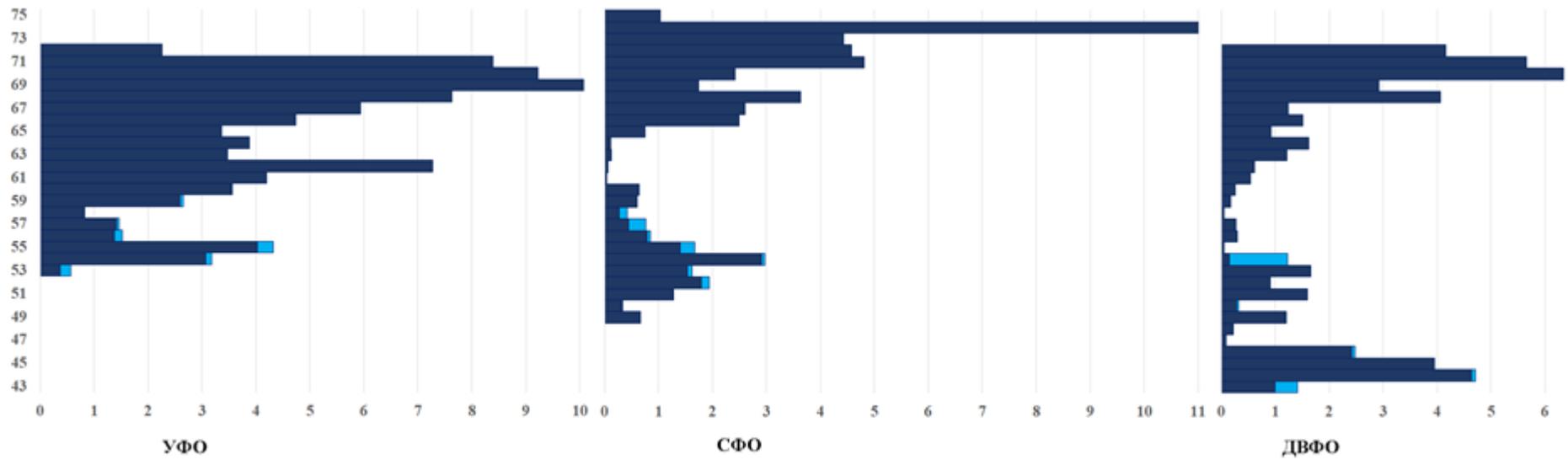


Рисунок 4.14. Осреднённая по широтам (с шагом 1°) естественная и общая озёрность по Федеральным округам АЧР (расчитанные в старых границах округов, когда акватория оз. Байкал была полностью расположена в пределах Сибирского ФО).

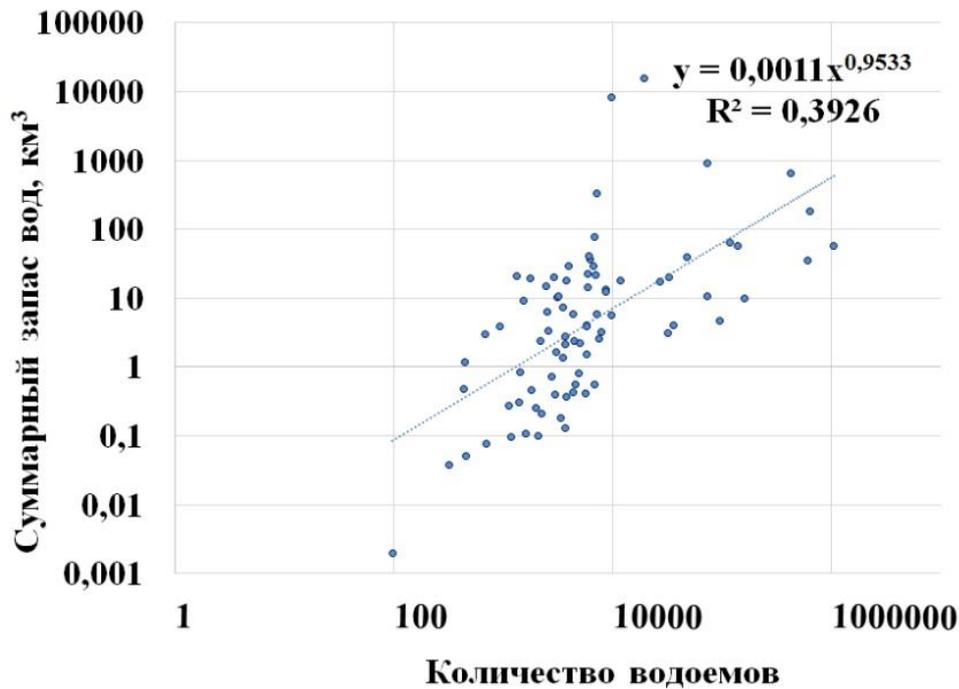


Рисунок 4.15. Связь между суммарным запасом содержащихся в озёрах вод и общим количеством водоёмов.

На рисунке 4.16. представлено распределение запасов вод России, содержащихся в естественных и искусственных водоёмах, по широтным зонам с шагом 1 градус. Для ЦФО, ПФО, ЮФО, СКФО и УФО дана единая шкала значений. Для СФО, СЗФО и ДФО шкалы различаются на порядок. Расчёт суммарных объёмов вод по широтным зонам по Сибирскому и Дальневосточному округам был произведён ещё в их старых границах. Сравнение рисунков 4.16 и 4.12 визуально подтверждает рассмотренную ранее гипотезу об отсутствии выраженной связи между величинами озёрных водных ресурсов территории и её озёрностью. В этой связи, для полноценной характеристики фонда естественных и искусственных водоёмов, наряду с данными по их количеству, необходимо также чёткое представление о распределении по территории водных ресурсов и озёрности, как удельного показателя величин суммарной водной поверхности.

Завершая вопрос о распределении водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов по территории Федеральных округов России, необходимо отметить, что наличие огромных запасов озёрных вод, не обязательно является показателем благополучной обстановки с водными ресурсами. Несмотря на крупнейшие запасы озёрных вод в Байкальском регионе, из-за его расположенности в пределах резко-континентального климата, характеризующегося значительными изменениями увлажнённости в многолетнем разрезе, на юге Сибири ситуация с водными ресурсами периодически резко обостряется.

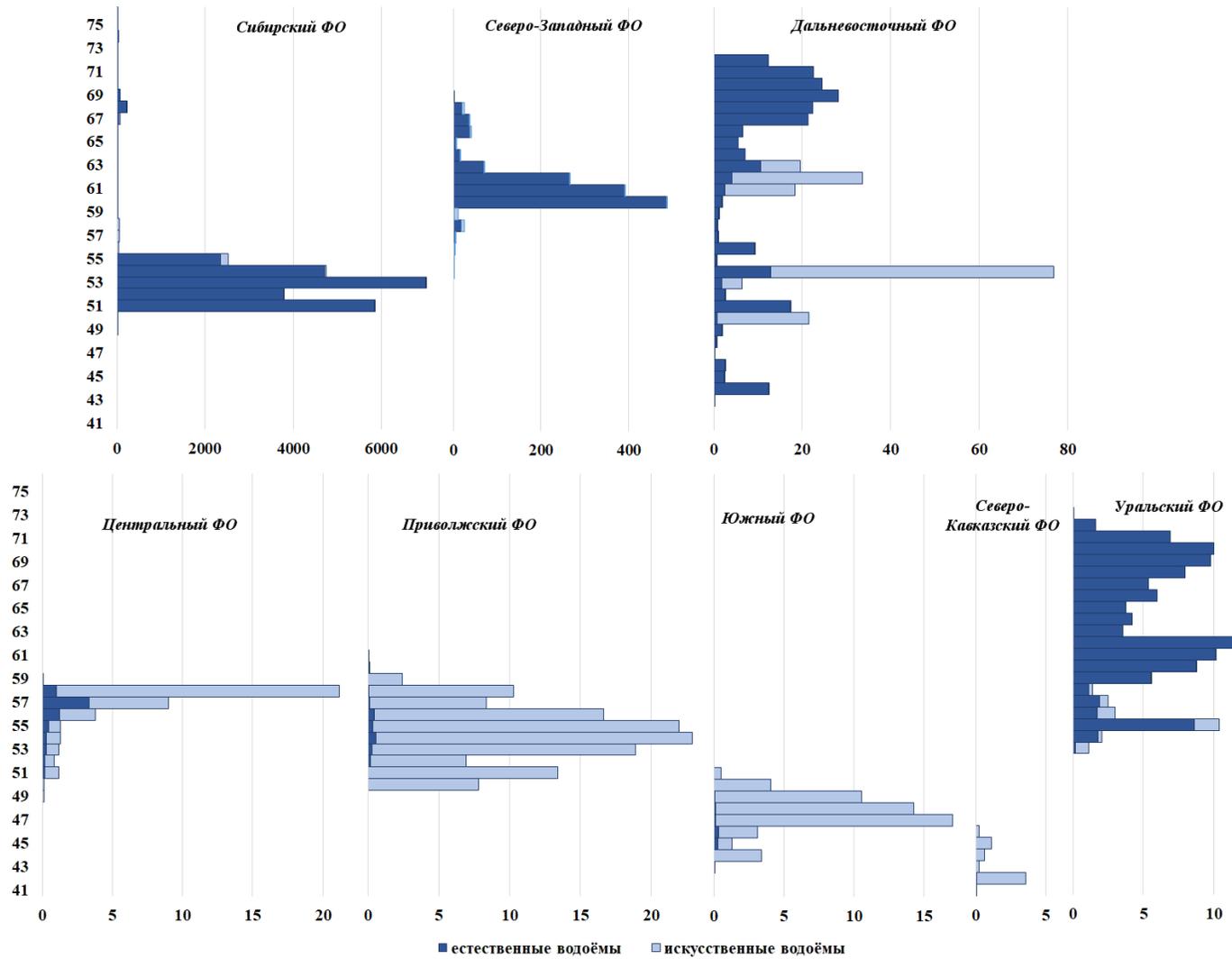


Рисунок 4.16. Суммарные по широтам ресурсы пресных вод (km^3), содержащихся в естественных и искусственных водоёмах (с шагом 1°) по Федеральным округам РФ (в старых границах округов).

Согласно многочисленным свидетельствам, в Байкальском регионе в последние десятилетия выявлен тренд роста средних годовых температур воздуха и снижения годовых сумм осадков [Обязов, 2011, Обязов, Смахтин, 2014], что приводит к снижению притока в озёра, усиливает изменчивость их уровня и обостряет существующие экологические проблемы. Как пример, в озёрах Ивано-Арахлейской системы за период протекающей уже около 20 лет засушливой фазы водности, проходящей на фоне общего потепления климата, уровень воды упал на 0.7-2.0 м. Трофический уровень озёр повысился, а качество вод заметно снизилось [Михеев, Матюгина, 2010]. Многолетние изменения уровней озёр Еравно-Харгинской системы, ещё одной крупнейшей озёрной системы Забайкалья, составляют от 3 до 4 м. Значительные проблемы наблюдаются и на самом оз. Байкал. Его уровень к 2017 г. достиг критической отметки в 456 м, определённой действующим законом об озере и определённой постановлением правительства РФ от 26 марта 2001 года.

Наблюдавшееся в последние два десятилетия снижение уровня Байкала не только обострило экологические проблемы в прибрежной зоне озера, но и создало проблемы с Иркутской ГЭС, поскольку ограничения уровня не позволяют максимально увеличивать выработку электроэнергии на Ангаре. В результате действие документа, ограничивающего уровень озера в 456 м, было приостановлено до 2021 года, а границы его допустимых колебаний установлены от 455.54 в маловодный до 457.85 м в многоводный периоды. Поправка была принята с целью водо-, тепло- и энергоснабжения населения и объектов экономики и социальной сферы региона, однако чрезмерное снижение уровня представляет опасность для экосистемы оз. Байкал.

В европейской части страны наиболее благополучной ситуацией с водными ресурсами озёр характеризуется Северо-Западный Федеральный округ. В то же время лишь небольшой суммарный запас вод содержится в озёрах (в том числе высоко минерализованных) Северо-Кавказского (0.47 км³), Приволжского (2.47 км³), Южного (4.08 км³) и Центрального (6.6 км³) федеральных округов. Суммарный запас озёрных вод в четырёх Федеральных округах составляет ~13.62 км³ вод, в том числе ~10 км³ пресных. Лишь с учётом вод, заключённых в искусственные резервуары, суммарные величины водных ресурсов (естественные + искусственные водоёмы) повышаются в этих округах до 6.16, 130, 57.4, 39.7 км³, соответственно (в 13, 53, 14 и 6 раз, суммарно в 17 раз, а с учётом лишь пресных вод – в 23 раза).

4.2.2. Водообеспеченность Российской Федерации

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 населе-

ния, 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. Различными авторами расчёт водообеспеченности административных территорий за счёт возобновляемых водных ресурсов производился либо для величин местного, либо для величин суммарного стока (местный сток + приток из пограничных территорий). В первом случае очевидно занижение величин водообеспеченности, поскольку практически всегда хотя бы частично используется вода, поступающая с соседних территорий, во втором случае явно её завышение, так как притекающая вода принадлежит и соседним территориям. Указанная проблема не имеет единого решения для всех территорий и очевидно должна решаться по специальным соглашениям. Поскольку такие соглашения по большинству регионов отсутствуют, для оценки водообеспеченности в работе [Шикломанов, Маркова, 1987] был предложен альтернативный вариант, согласно которому расчёт удельной водообеспеченности ориентирован на величину местных водных ресурсов, сложенную с половиной притока пресной воды, поступающей из соседних территорий. В дальнейшем такой подход получил широкое распространение как для региональных [Водные..., 2008], так и глобальных оценок [Comprehensive..., 1997, Измайлова, 1999, World..., 2003, Shiklomanov, Balonishnikova, 2003].

Из-за значительного водозабора на хозяйственные нужды, часто выделяется потенциальная и реальная удельная водообеспеченность, при расчёте последней учитываются безвозвратные изъятия части речного стока. Российская Федерация в сравнении с другими экономически развитыми странами мира, характеризуется относительно низкими значениями общего и безвозвратного водозабора. Согласно [Коронкевич и др., 2017], общий безвозвратный расход в России составляет лишь 0.3% остаточного полного речного стока и 0.8% остаточного устойчивого стока. В связи с этим величины потенциальной и реальной водообеспеченности для большинства субъектов Федерации почти совпадают.

Как уже отмечалось, важным видом ресурсов пресных вод являются водные ресурсы озёр, использование которых усиливается по мере антропогенной активности. В этой связи, для современных оценок водообеспеченности представляет интерес рассмотреть водообеспеченность территории России не только за счёт возобновляемых, но и водных ресурсов, содержащихся в естественных и искусственных водоёмах. При этом полученные результаты по водообеспеченности населения ресурсами вод естественных и искусственных водоёмов должны быть сопоставимы с данными оценки водообеспеченности возобновляемыми водными ресурсами.

Для расчёта современной (на уровень конца 2010-х годов) удельной водообеспеченности жителей страны водными ресурсами естественных и искусственных водоёмов использовались

полученные нами данные, тогда как оценка водообеспеченности за счёт ресурсов речного стока опиралась на данные по местному стоку и притоку из пограничных территорий, опубликованным в обобщающей работе ГГИ [Водные..., 2008]. Сведения по численности населения были взяты из материалов Федеральной службы государственной статистики за 2018 год [Численность..., 2018]. Для сопоставимости данных удельная водообеспеченность ресурсами вод, заключённых в озёра и водохранилища, приведена в единицах (тыс. м³/чел., тыс. м³/км²), аналогичных водообеспеченности, рассчитанной с учётом возобновляемых водных ресурсов (тыс. м³/чел. год, тыс. м³/км² год). Водные ресурсы водоёмов естественного и искусственного происхождения вычислялись как объёмы воды, осреднённые за начало XXI в. Возобновляемые водные ресурсы оценивались как осреднённые за определённый промежуток времени (с 1930 по 2005 годы) объёмы воды, протекающей по русловой сети за годовой интервал времени. Градации водообеспеченности были приняты согласно [Шикломанов, Маркова, 1987]:

- 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.

Согласно проведённой оценке, на конец 2010-х годов удельная водообеспеченность за счёт ресурсов речного стока в среднем по стране составляет ~27.6 тыс. м³/чел. год и относится к категории «очень высокая». То есть, если ориентироваться на оценку возобновляемых водных ресурсов мира [World..., 2003], она 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. Результаты оценки удельной водообеспеченности жителей, проведённой по всем субъектам Российской Федерации, как с учётом ресурсов речного стока, так и за счёт вод озёр и водохранилищ, приведены в таблице 4.1. Кроме того, сравнение значений водообеспеченности, рассчитанной по данным о быстро и замедленно возобновляемых водных ресурсах, по всем Федеральным округам России на единицу площади (в тыс. м³/км²) и на одного жителя (в тыс. м³/чел.) представлены на рисунках 4.17-4.25. В силу огромной разницы в величинах водных ресурсов и водообеспеченности, наблюдающихся даже в пределах одного Федерального округа, при построении рисунков была выбрана логарифмическая шкала.

На рисунках 4.26 – 4.31 приведены итоговые карты водообеспеченности России за счёт ресурсов речных и озёрных вод.

Таблица 4.1. Водообеспеченность Российской Федерации на уровень конца 2010-х гг.

Субъект Федерации	Водообеспеченность (м ³ /тыс. чел. год), за счёт ресурсов			
	стока местного формирования	местного стока и половины притока*	озёрных вод	вод озёр и водохранилищ
1	2	3	4	5
Мурманская область	73.9	82.2	74.8	83.7
Респ. Карелия	82.8	84.8	1442	1451
Архангельская обл.	126	213	9.54	9.63
Ненецкий авт. округ	1352	3157	230	230
Респ. Коми	186	194	5.41	5.44
С.-Пб. и Ленинградская обл.	3.29	8.11	46.9	47.2
Псковская обл.	18.4	19.1	28.0	28.3
Новгородская обл.	22.7	30.2	10.1	10.3
Вологодская обл.	33.1	37.4	13.5	24.4
Калининградская обл.	2.34	12.6	0.33	0.38
Тверская обл.	13.6	16.8	3.55	5.68
Ярославская обл.	5.46	17.0	0.55	16.1
Костромская обл.	25.3	55.3 (55.2)	0.32	3.69
Ивановская обл.	4.37	31.2	0.06	3.26
Владимирская обл.	3.50	15.2	0.09	0.15
Москва и Московская обл.	0.43	0.71 (0.67)	0.01	0.08
Смоленская обл.	10.8	13.0 (12.9)	0.30	1.45
Калужская обл.	5.27	8.40	0.02	0.11
Тульская обл.	2.59	4.93 (4.87)	0.002	0.17
Рязанская обл.	4.91	14.4	0.20	0.38
Тамбовская обл.	3.53	3.79 (3.75)	0.01	0.38
Липецкая обл.	2.33	3.90 (3.85)	0.01	0.24
Орловская обл.	4.60	5.05 (5.02)	0.002	0.13
Брянская обл.	4.40	5.32 (5.30)	0.02	0.15
Курская обл.	3.21	3.23 (3.13)	0.02	0.41
Белгородская обл.	1.62	1.68 (1.60)	0.001	0.20
Воронежская обл.	1.41	3.62 (3.56)	0.02	0.24
Респ. Башкортостан	6.47	7.75 (7.67)	0.21	0.79
Кировская обл.	22.5	27.9	0.09	0.32
Респ. Марий Эл	5.75	86.9	0.20	13.2
Респ. Мордовия	4.03	5.19 (5.16)	0.04	0.16
Нижегородская обл.	3.73	18.8	0.08	0.80
Оренбургская обл.	3.70	5.17 (5.11)	0.04	1.92
Пензенская обл.	3.88	4.14	0.01	0.57
Пермский край	18.9	20.6	0.06	8.43
Самарская обл.	1.44	39.3 (39.2)	0.06	4.12
Саратовская обл.	2.21	51.9 (51.8)	0.02	8.83
Респ. Татарстан	2.19	31.9	0.04	7.45
Респ. Удмуртия	5.88	24.9 (24.8)	0.01	0.47
Ульяновская обл.	3.97	98.2	0.01	16.7

1	2	3	4	5
Респ. Чувашия	2.44	50.6	0.004	1.71
Ростовская обл.	0.81	3.39 (3.17)	0.06	2.38
Респ. Адыгея	5.78	18.4	0.01	6.74
Краснодарский край	2.87	3.61	0.02	0.18
Волгоградская обл.	1.90	52.8 (52.7)	0.05	14.6
Респ. Калмыкия	5.08	5.49 (4.55)	0.07	7.92
Астраханская обл.	0.01	121	0.46	0.49
Севастополь и Респ. Крым	0.43	0.43 (0.37)	0.001	0.17
Ставропольский край	0.28	1.17 (0.74)	0.002	0.55
Респ. Дагестан	2.74	4.94 (4.36)	0.005	1.18
Респ. Чечня	1.51	4.48 (4.20)	0.04	0.05
Респ. Ингушетия	1.25	2.54 (2.32)	0.000	0.004
Респ. Северная Осетия	5.47	8.14 (8.12)	0.0001	0.05
Респ. Кабардино-Балкария	3.35	5.98 (5.58)	0.01	0.06
Респ. Карачаево-Черкесия	13.5	13.5 (13.4)	0.02	1.03
Ямало-Ненецкий а.о.	381	736	108	108
Ханты-Мансийский а.о.	77.8	155 (153)	21.6	21.6
Тюменская обл. (собственно)	8.12	90.3	2.78	2.79
Свердловская обл.	7.37	7.52	0.48	0.89
Челябинская обл.	2.04	2.16	1.97	2.88
Курганская обл.	1.22	2.82	4.45	4.58
Омская обл.	2.86	11.2	0.87	0.89
Новосибирская обл.	2.07	11.9	0.51	3.48
Алтайский край	8.24	15.6	0.40	0.97
Томская обл.	53.6	107	2.89	2.91
Кемеровская обл.	14.9	15.3	0.08	0.32
Респ. Алтай	155	155	188	188
Респ. Хакасия	37.4	110	1.77	32.9
Респ. Тыва	124	137	42.7	54.9
Иркутская обл.	73.1	102	3308	3407
Красноярский край	256	293	150	226
Респ. Бурятия	77.4	89.0	15922	15922
Забайкальский край	64.7	69.5	3.99	4.08
Амурская обл.	106	158	0.51	98.4
Еврейская а.о.	44.2	668	0.55	0.61
Приморский край	21.5	22.93	7.64	7.75
Сахалинская обл.	119	119	8.62	8.82
Хабаровский край	183	276	6.23	14.4
Магаданская обл.	817	828	19.2	120
Камчатский край	842	847	120	120
Чукотский а.о.	3625	3760	697	697
Респ. Саха	588	761	141	183

* - в скобках приведены значения реальной водообеспеченности в тех регионах, где её значения с учётом точности до 3 знака отличаются от потенциальной.

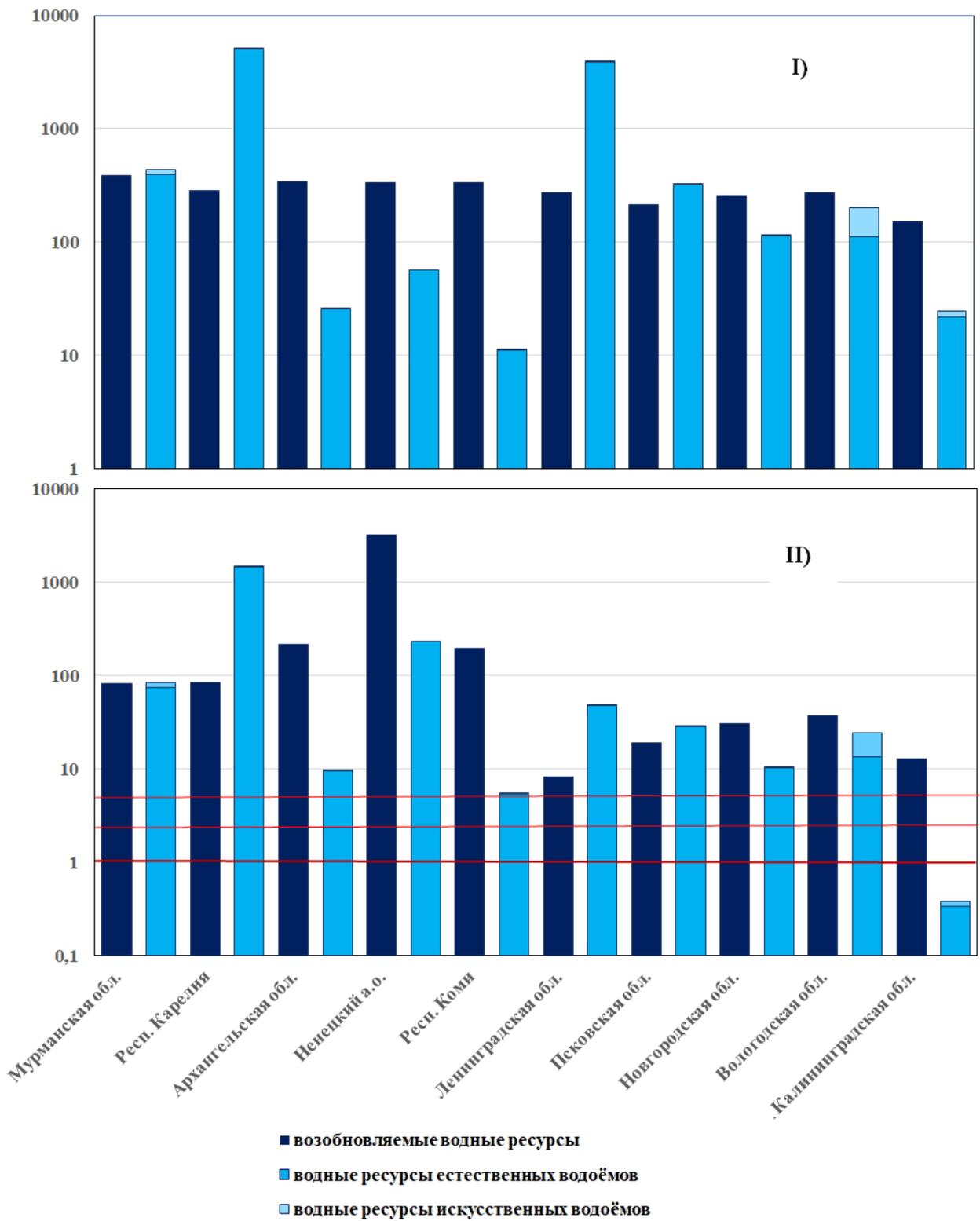


Рисунок 4.17. Удельная водообеспеченность на единицу площади (в тыс. м³/км²) – (I) и удельная водообеспеченность на одного жителя (в тыс. м³/чел.) – (II) по СЗФО.

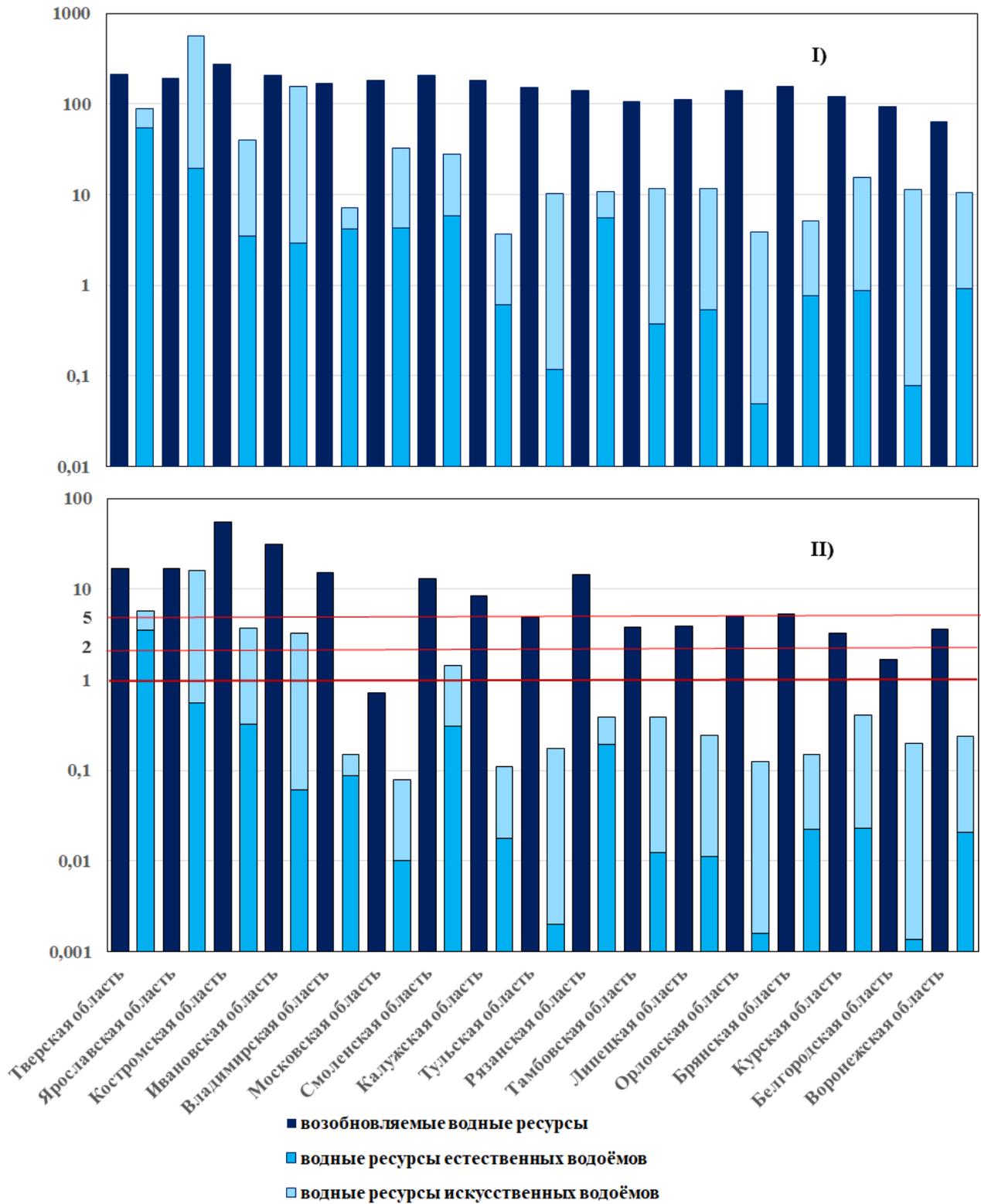


Рисунок 4.18. Удельная водообеспеченность на единицу площади (в тыс. м³/км²) – (I) и удельная водообеспеченность на одного жителя (в тыс. м³/чел.) – (II) по ЦФО.

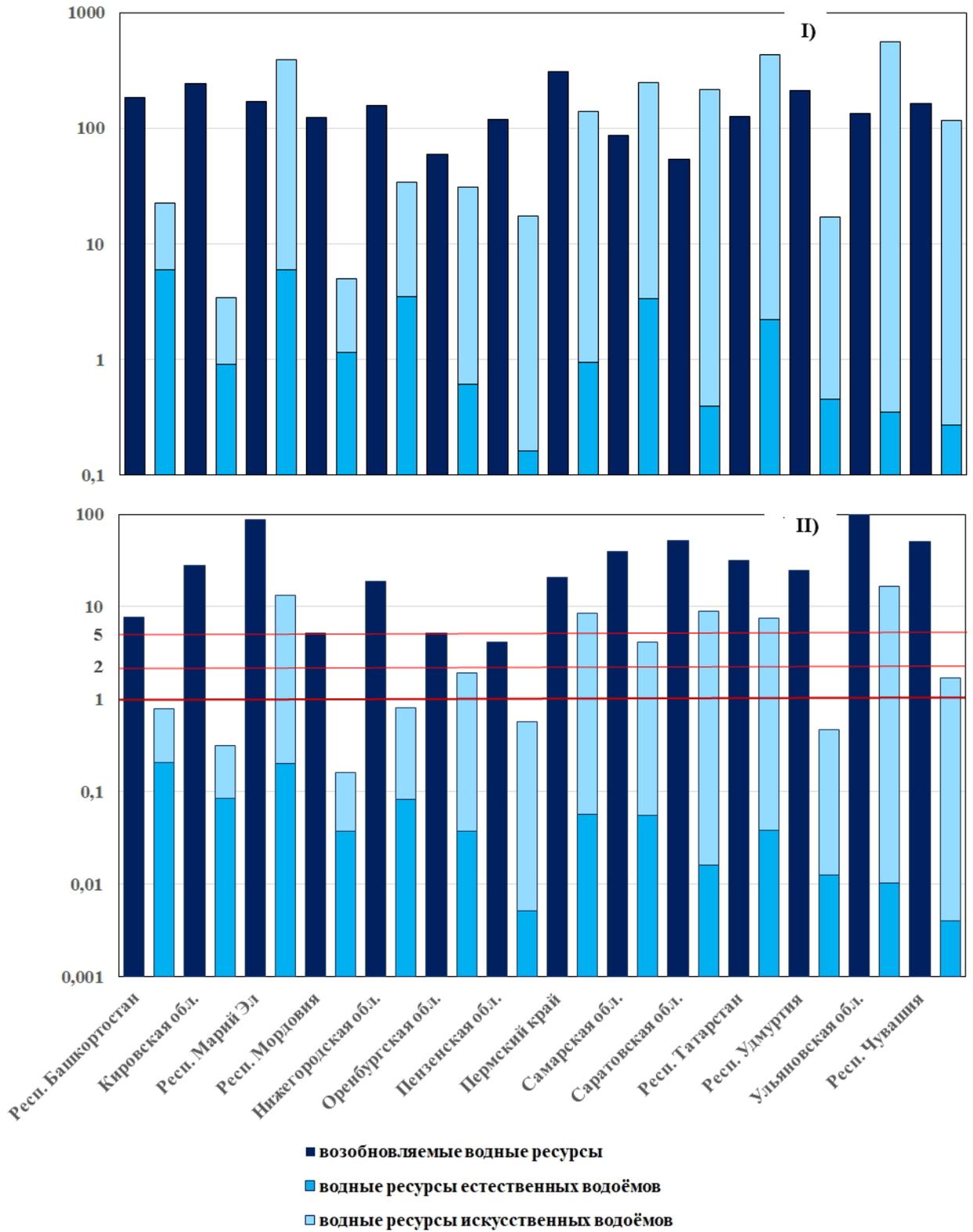


Рисунок 4.19. Удельная водообеспеченность на единицу площади (в тыс. м³/км²) – (I) и удельная водообеспеченность на одного жителя (в тыс. м³/чел.) – (II) по ПФО.

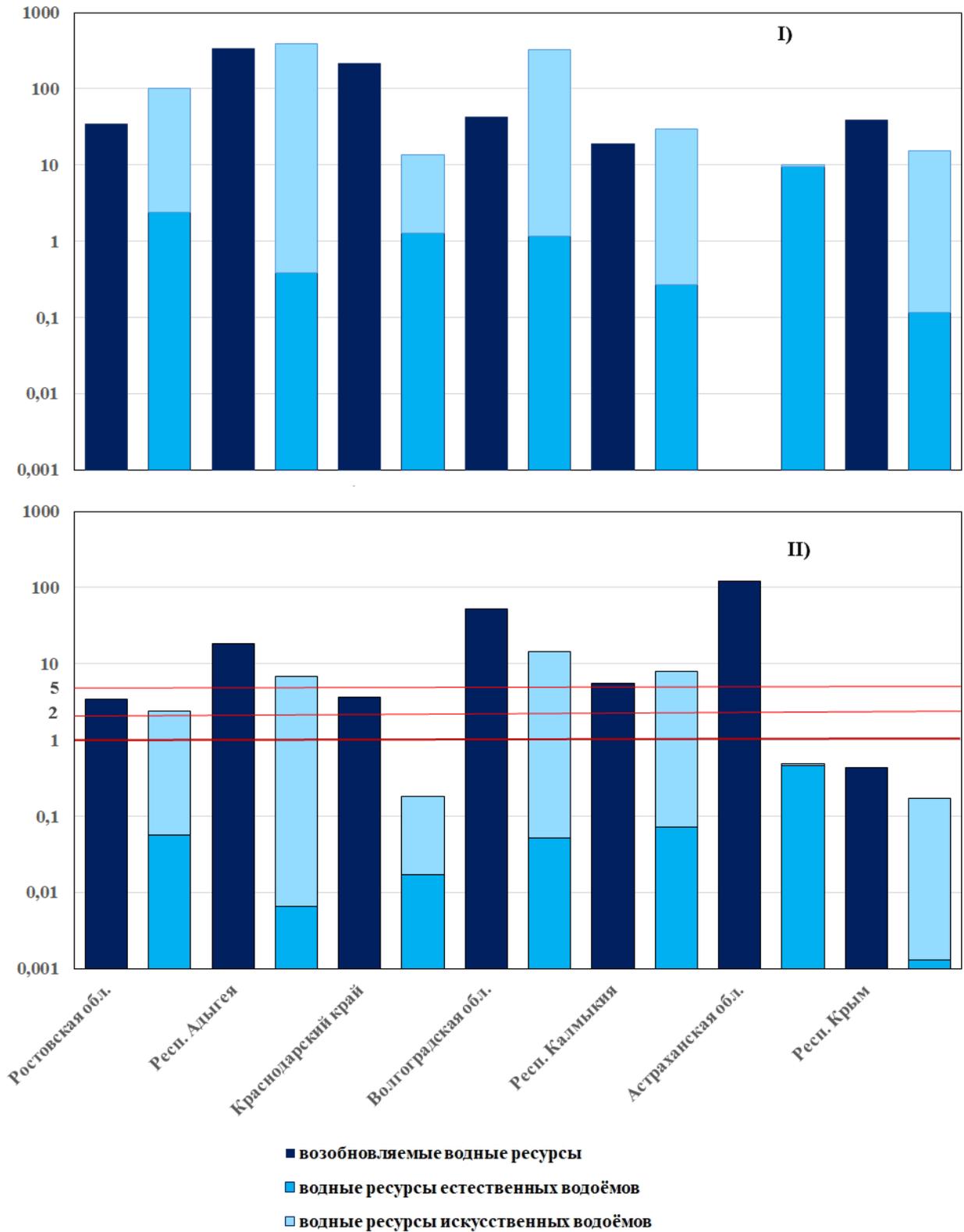


Рисунок 4.20. Удельная водообеспеченность на единицу площади (в тыс. м³/км²) – (I) и удельная водообеспеченность на одного жителя (в тыс. м³/чел.) – (II) по ЮФО.

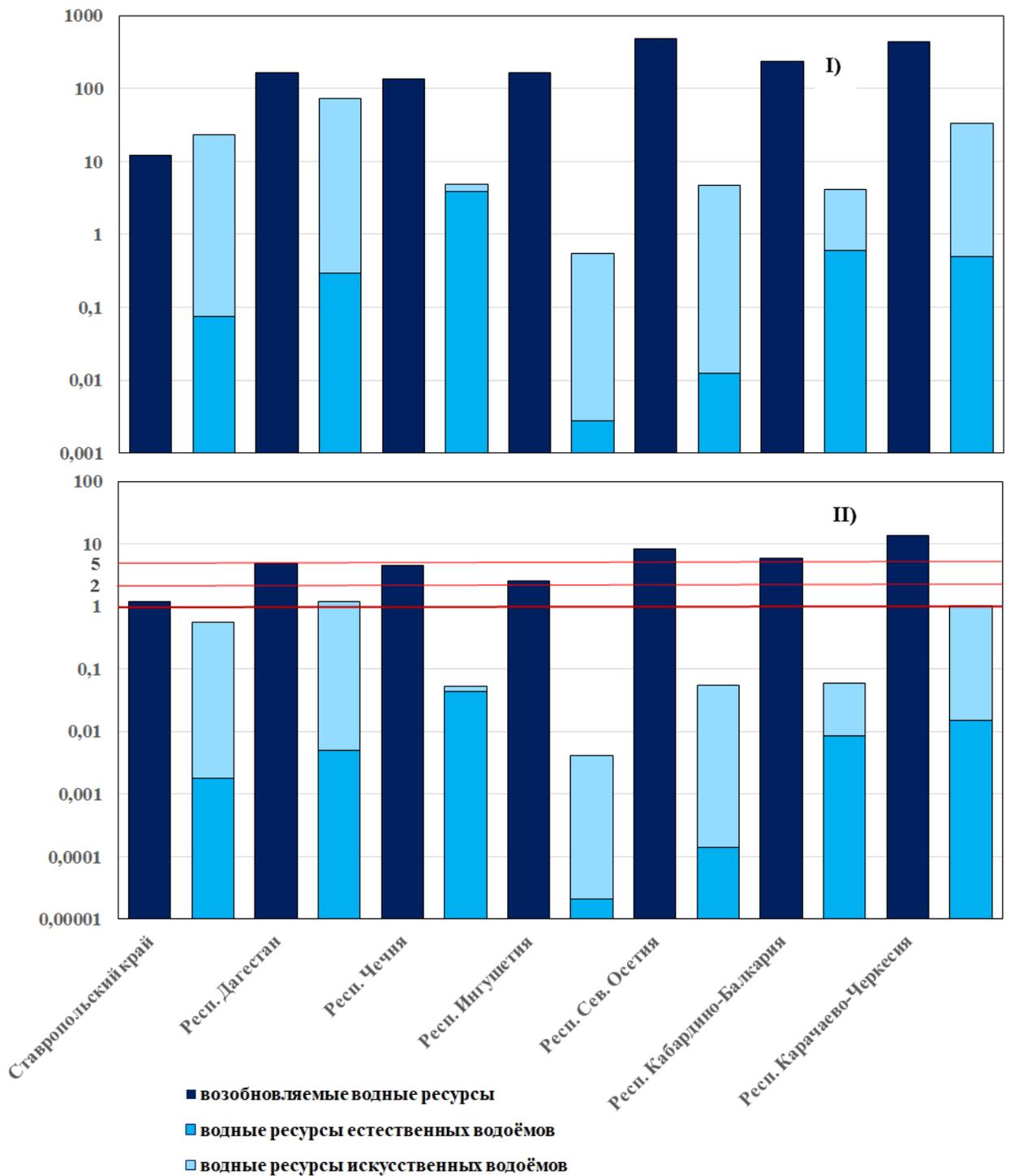


Рисунок 4.21. Удельная водообеспеченность на единицу площади (в тыс. м³/км²) – (I) и удельная водообеспеченность на одного жителя (в тыс. м³/чел.) – (II) по СКФО.

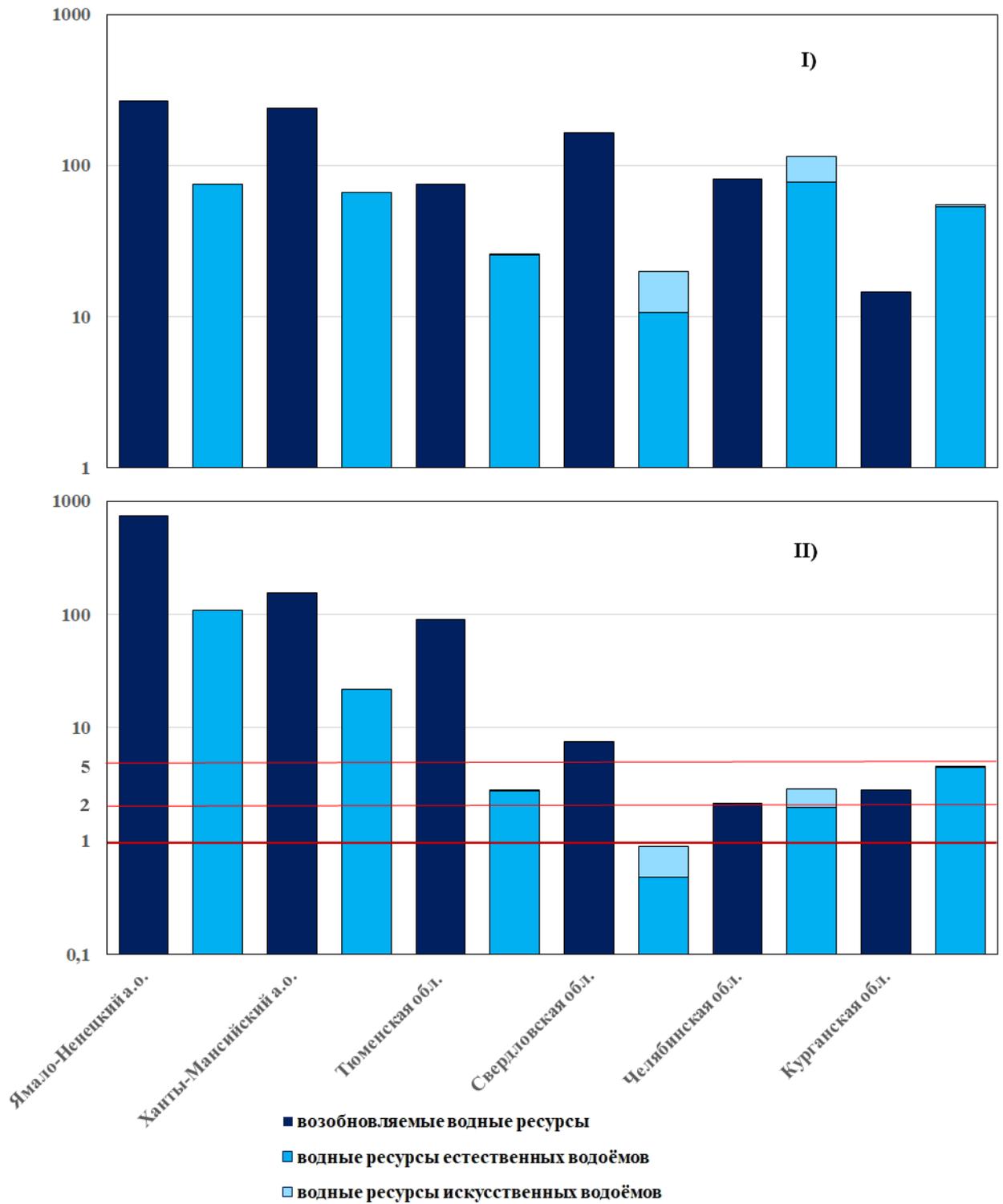


Рисунок 4.22. Удельная водообеспеченность на единицу площади (в тыс. $\text{м}^3/\text{км}^2$) – (I) и удельная водообеспеченность на одного жителя (в тыс. $\text{м}^3/\text{чел.}$) – (II) по УФО.

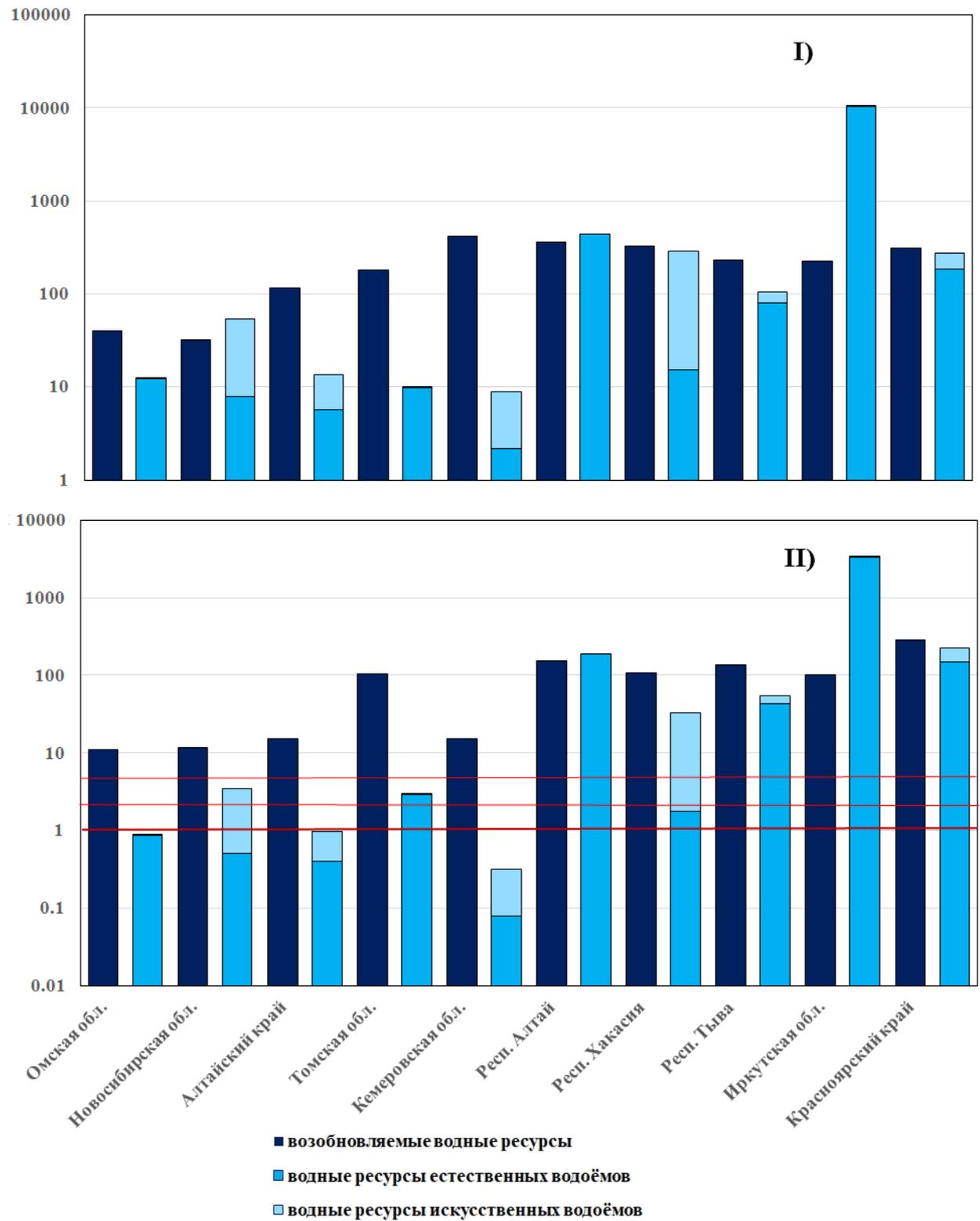


Рисунок 4.23. Удельная водообеспеченность на единицу площади (в тыс. м³/км²) – (I) и удельная водообеспеченность на одного жителя (в тыс. м³/чел.) – (II) по СФО.

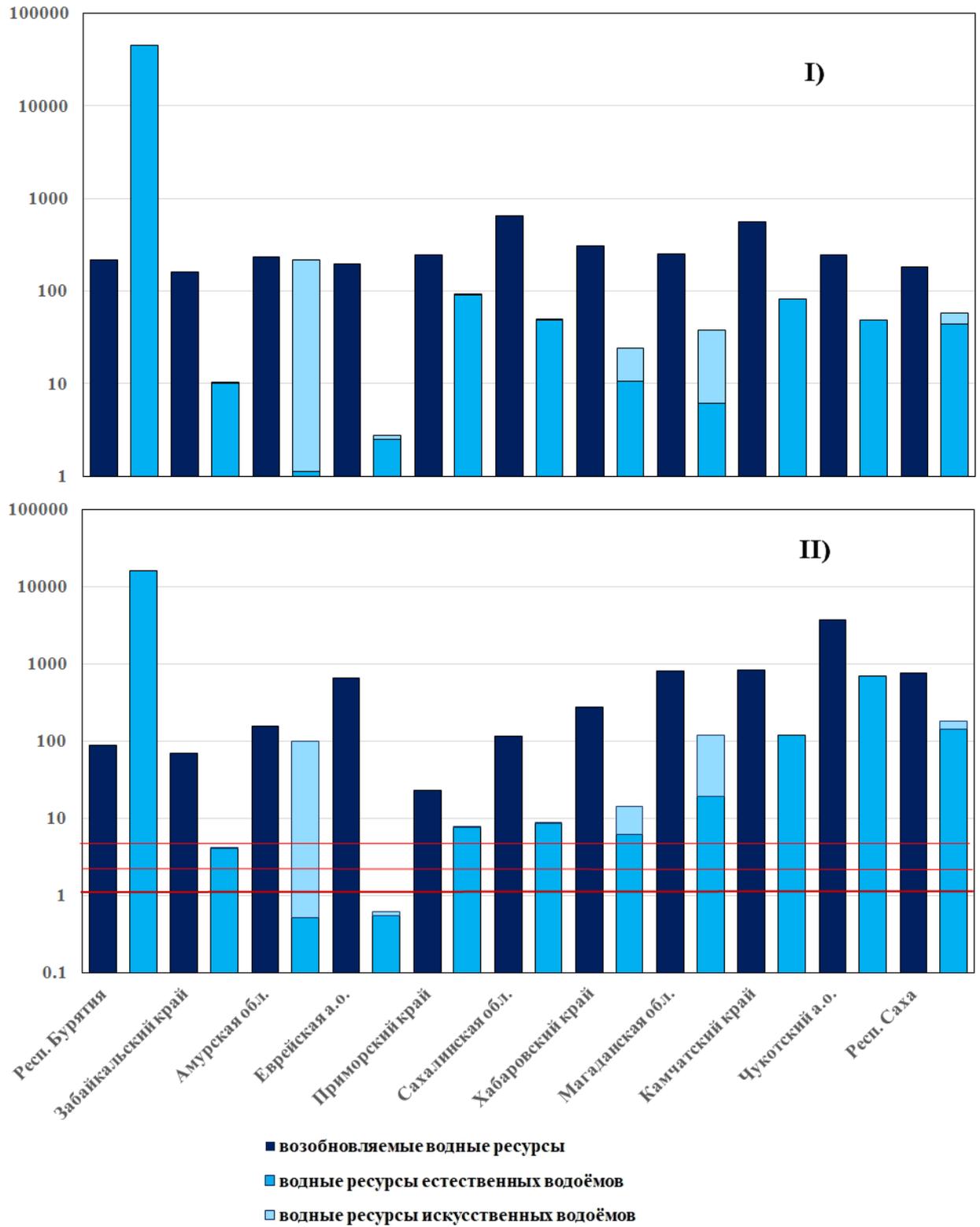


Рисунок 4.24. Удельная водообеспеченность на единицу площади (в тыс. м³/км²) – (I) и удельная водообеспеченность на одного жителя (в тыс. м³/чел.) – (II) по ДВФО.

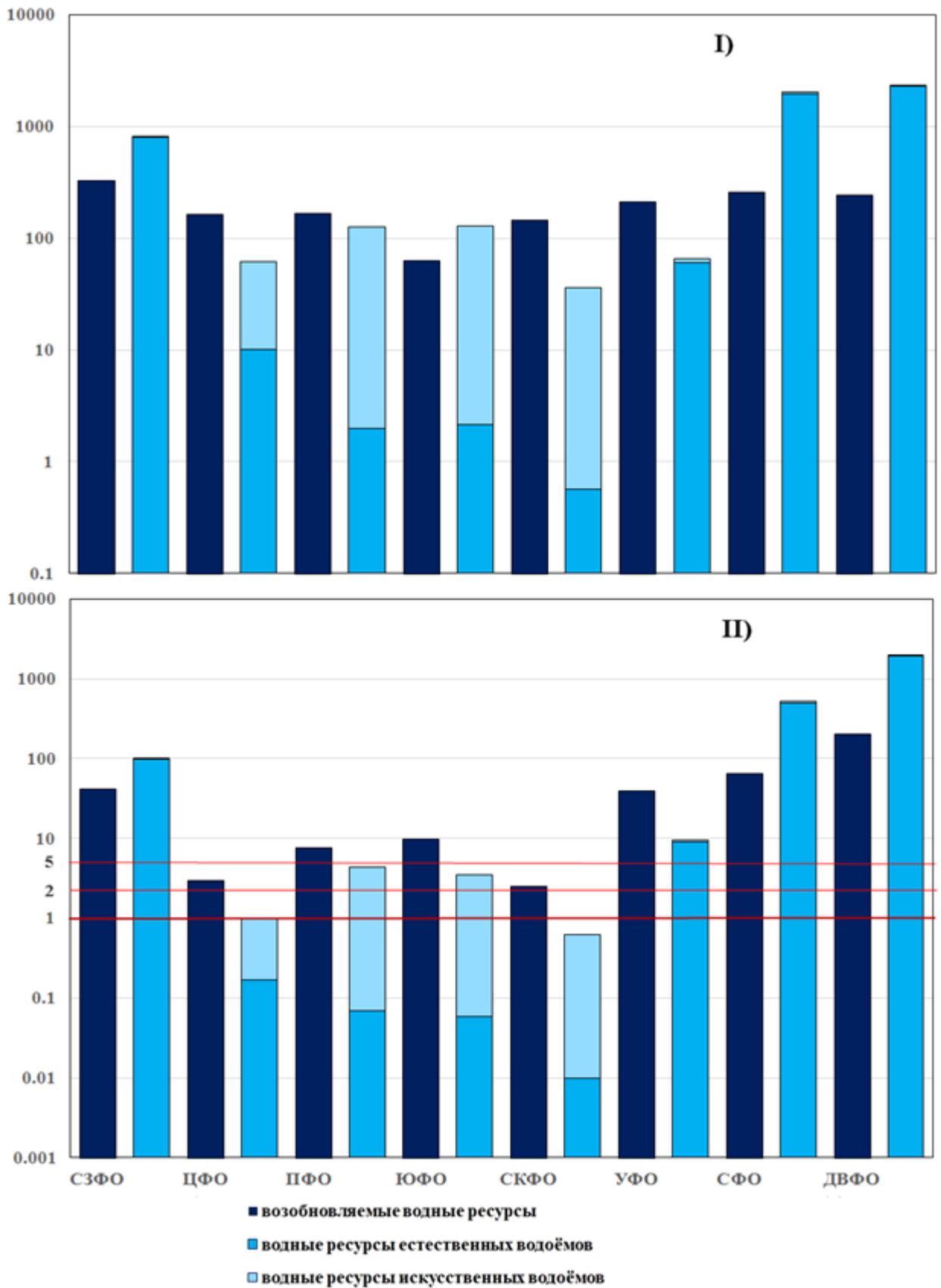


Рисунок 4.25. Удельная водообеспеченность на единицу площади (в тыс. м³/км²) – (I) и удельная водообеспеченность на одного жителя (в тыс. м³/чел.) – (II) по Федеральным округам России.

Согласно проведённым расчётам, субъектами Федерации с катастрофически низкой (до 1 тыс. м³/чел) удельной водообеспеченностью (как потенциальной, так и реальной), рассчитанной по данным о ресурсах речного стока, на уровень конца 2010 годов являются Республика Крым (0.4 тыс. м³/чел) и Московская область (0.7 тыс. м³/чел), что связано с очень высокой плотностью населения в пределах последней. Очень низкой удельной водообеспеченностью (1-2 тыс. м³/чел) характеризуются Ставропольский край (потенциальная – 1.2, реальная – 0.7 тыс. м³/чел) и Белгородская область (1.6 тыс. м³/чел). Низкая удельная водообеспеченность (от 2 до 5 тыс. м³/чел) характерна для Тульской, Тамбовской, Курской, Воронежской, Липецкой, Пензенской и Ростовской областей, Краснодарского края, республик Дагестан, Чечня и Ингушетия, Челябинской и Курганской областей. Для большинства перечисленных субъектов Федерации характерны и невысокие запасы озёрных вод, исключения составляют Челябинская и Курганская области, характеризующиеся значительными водными ресурсами озёр. За счёт искусственных водоёмов существенно увеличена водообеспеченность Республики Дагестан и Ростовской области.

Высокими значениями удельной водообеспеченности (как с учётом быстро так и замедленно возобновляемых водных ресурсов) характеризуются практически все северные регионы страны. Для Ленинградской области, характеризующейся высокой плотностью населения, в настоящее время отмечается средняя удельная водообеспеченность (8.1 тыс. м³/чел), которая компенсируется высокими запасами озёрных вод (47 тыс. м³/чел).

Среди Федеральных округов (рисунок 4.25) низкой водообеспеченностью характеризуются Северо-Кавказский (~2.6 тыс. м³/чел. год) и Центральный (~3.0 тыс. м³/чел. год). В обоих округах невелики и объёмы вод, заключённых в озёра и водохранилища. Средняя водообеспеченность наблюдается в Приволжском (~7.7 тыс. м³/чел. год) и Южном (~9.9 тыс. м³/чел. год) Федеральных округах. Оба округа характеризуются достаточно высокими запасами вод, заключённых в водохранилища. Наибольшая водообеспеченность за счёт возобновляемых водных ресурсов наблюдается у жителей Дальневосточного (~223 тыс. м³/чел. год), а за счёт озёрных вод – Дальневосточного (~1935 тыс. м³/чел) и Сибирского ФО (~490 тыс. м³/чел). Однако, некоторая условность благополучия ситуации с водными ресурсами при их высоких абсолютных значениях уже обсуждалась в разделе 4.2.1. Необходимо ещё раз подчеркнуть, что несмотря на огромные запасы озёрных вод, южные части обоих округов периодически испытывают проблемы с водными ресурсами. В этой связи, при оценке обеспеченности территории за счёт озёрных вод очевидна необходимость учитывать не только абсолютные запасы озёрных вод, но и дополнительно определять запасы вод, которые должны сохраняться в крупнейших водоёмах для поддержания их экосистем на устойчивом уровне.



Рисунок 4.26. Водообеспеченность (в тыс. м³/чел. год) за счёт ресурсов речных вод (местный сток) по субъектам Российской Федерации.



Рисунок 4.27. Водообеспеченность (в тыс. м³/чел. год) за счёт ресурсов речных вод (общие ресурсы, с учётом половины притока) по субъектам Российской Федерации.

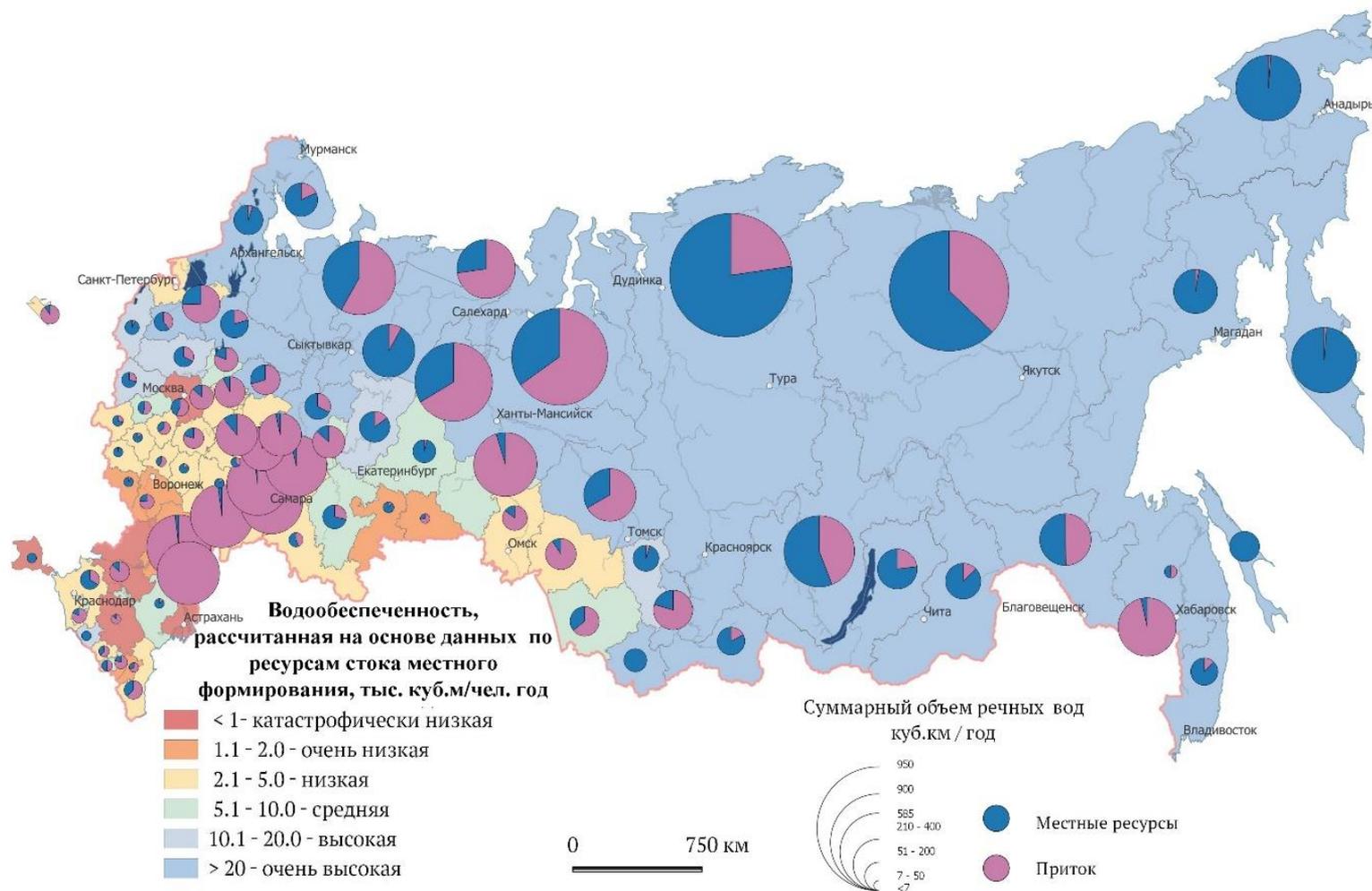


Рисунок 4.28. Сопоставление величин водообеспеченности, рассчитанной на основе данных по местному стоку (в тыс. м³/чел.) с общим объёмом речного стока (км³), по субъектам Федерации.



Рисунок 4.29. Водообеспеченность (в тыс. м³/чел.) за счёт вод, содержащихся в естественных водоёмах по субъектам Российской Федерации.

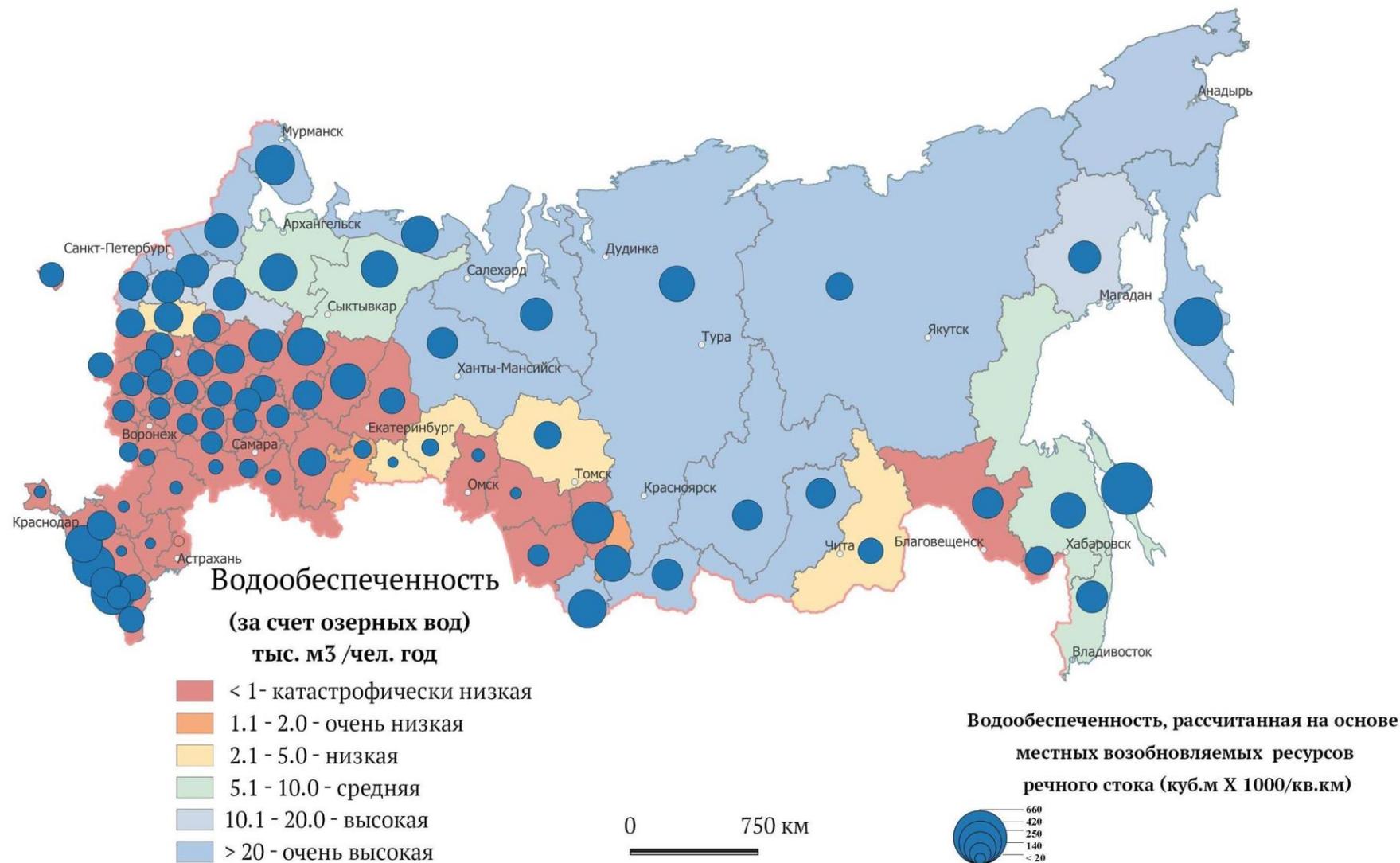


Рисунок 4.30. Сопоставление величин водообеспеченности, рассчитанной на основе данных по объёму вод, содержащихся только в естественных водоёмах (в тыс. м³/чел.) с величинами водообеспеченности, рассчитанной на основе данных по местным ресурсам речного стока, приведённым к единице площади (м³/ тыс. км²), по субъектам Федерации.

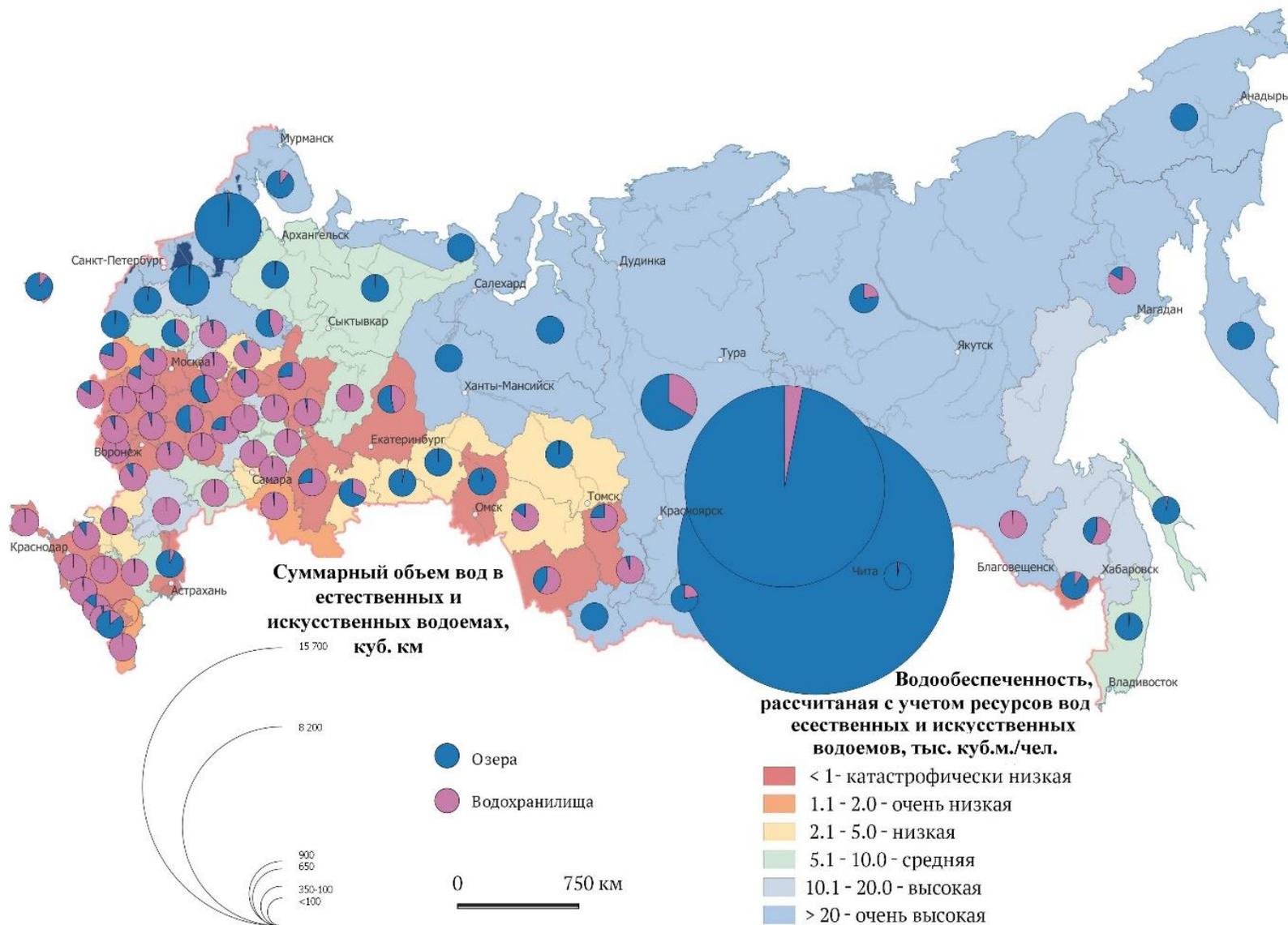


Рисунок 4.31. Сопоставление величин водообеспеченности (в тыс. м³/чел.) за счёт вод, содержащихся в естественных и искусственных водоёмах с общим объёмом вод (км³), содержащихся в водоёмах по субъектам Федерации.

Обсуждая вопросы реальной и потенциальной водообеспеченности Российской Федерации, необходимо также вернуться к вопросу о величинах безвозвратного изъятия части возобновляемых водных ресурсов. На уровень 2016-2017 гг., согласно данным Государственного доклада [Государственный..., 2017, 2018], водозабор пресных поверхностных вод составлял в России ~1.0% от величины общих возобновляемых водных ресурсов. Однако для ряда субъектов Федерации процент вод, изымаемых из поверхностных источников и используемых на различные нужды, был достаточно высок. На рисунках 4.32 и 4.33 представлены графики, характеризующие отношение изымаемых вод к величине возобновляемых водных ресурсов по всем субъектам Федерации, построенные по данным за 2016-2017 годы.

Наиболее высокий процент изъятия вод из поверхностных водоёмов и водотоков по отношению к величине возобновляемых водных ресурсов наблюдается в Ставропольском (40.2%) и Краснодарском (25.5%) краях, Республиках Карачаево-Черкесия (39%) и Калмыкия (19.6%), Московской области (19.5%), Республиках Крым (18.8%), Дагестан (15.6%), Северная Осетия (12.4%), Ростовской (11.7%), Тверской (8.8%), Оренбургской (8%) областях.

Наряду с поверхностными водами, для целого ряда регионов России, характерно удовлетворение водозабора за счёт подземных источников. Высокий процент использования подземных вод (более 1/2 от величины общего водозабора) характерен для Еврейской автономной (98%), Белгородской (90%) областей, Республики Мордовия (90%), Ямало-Ненецкого авт. округа (90%), Тамбовской области (79%), Республики Алтай (84%), Владимирской (74%), Орловской (72%) областей, Ханты-Мансийского авт. округа (71%), Липецкой (69%), Амурской (68%), Брянской (67%) областей, Республики Марий Эл (66%), Тульской области (62%), Ненецкого а.о. (60%), Калужской (60%), Ульяновской (59%) областей, Республики Хакасия (59%), Калининградской (56%), Сахалинской (50%) областей. Однако далеко не для всех выше перечисленных субъектов Федерации абсолютные значения водозабора велики. В то же время, обращает на себя внимание, что достаточно высокий водозабор из подземных вод характерен для большинства центральных областей ЕЧР. В этой связи необходимо отметить, что снижение уровня подземных вод, являющееся естественным следствием повышенного водозабора, может являться одной из важнейших причин наблюдающегося здесь обмеления озёр.

Наиболее высокий процент совместного использования поверхностных и подземных вод характерен для Ставропольского края (60%), Республики Крым (26.8%), Московской области (17.3%), Республики Калмыкия (17.1%), Краснодарского края (13%), Республики Дагестан (11.3%).

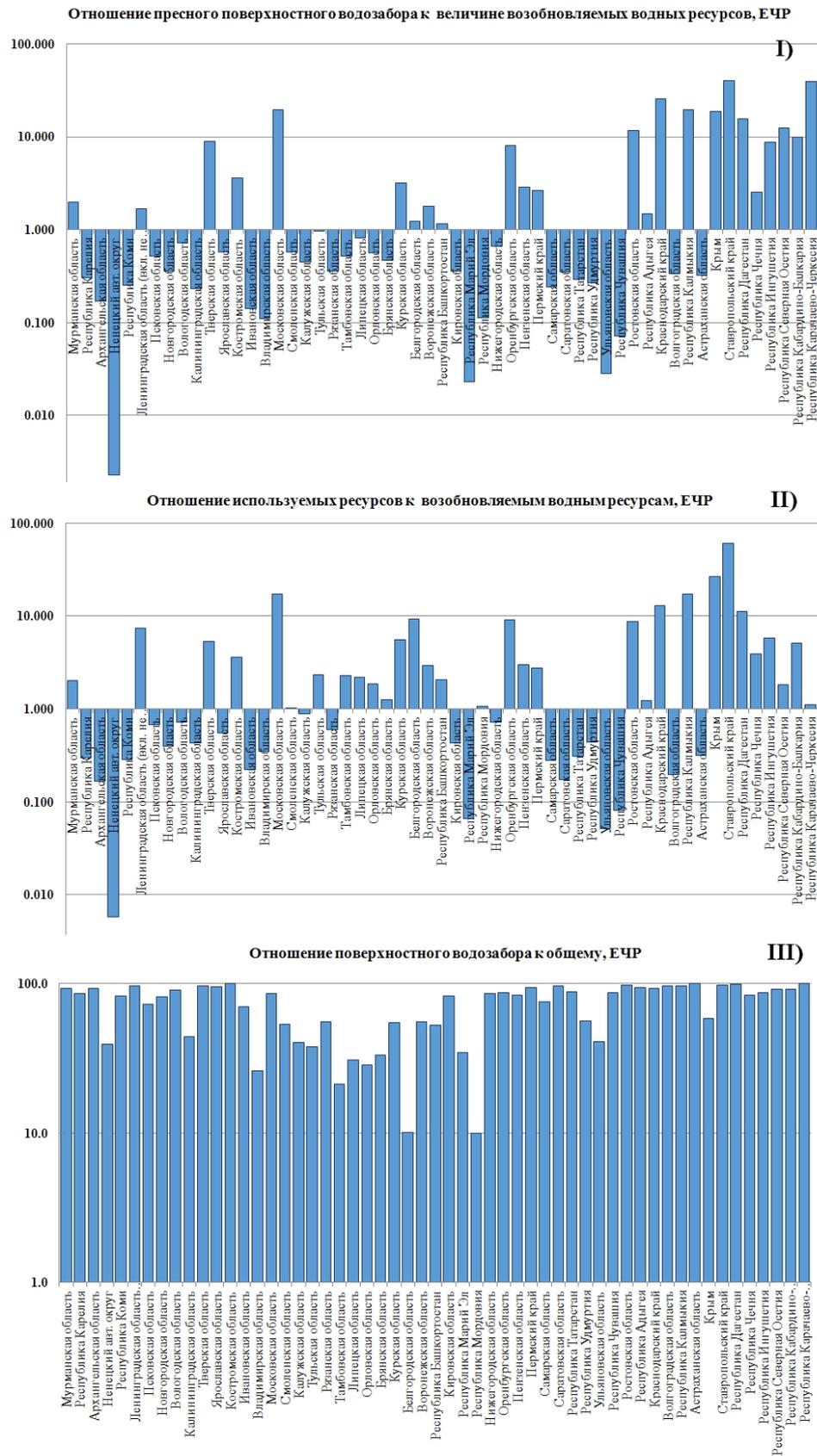


Рисунок 4.32. Отношение поверхностного водозабора (I) и используемых водных ресурсов (II) к возобновляемым водным ресурсам и поверхностного водозабора (III) к общему (ЕЧР), %.

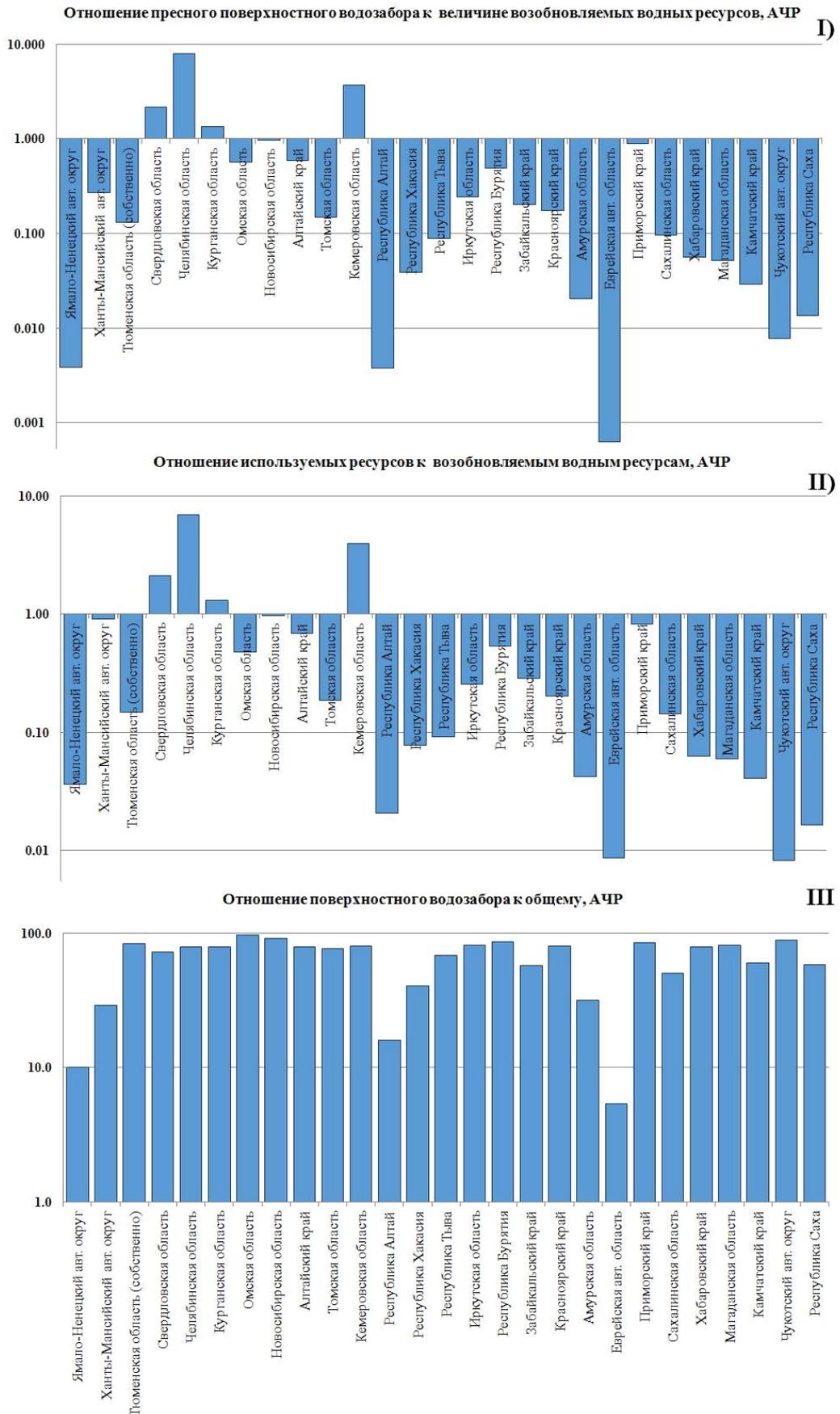


Рисунок 4.33. Отношение поверхностного водозабора (I) и используемых водных ресурсов (II) к возобновляемым водным ресурсам, поверхностного водозабора (III) к общему (АЧР), %.

Несмотря на то, что для ряда субъектов Российской Федерации процент общего и безвозвратного водозабора существенный, для большинства субъектов он характеризуется пока относительно низкими значениями. В этой связи реальная удельная водообеспеченность для большинства регионов страны отличается от потенциальной лишь на сотые доли процента. Наиболее значимые различия между потенциальной и реальной водообеспеченностью характерны для Ставропольского края (потенциальная водообеспеченность выше реальной на 36%: потенциальная водообеспеченность составляет 1.2, а реальная – 0.7 тыс. м³/чел), Республик Калмыкия (17%: 5.5 и 4.6 тыс. м³/чел., соответственно), Крым (15.7%: 0.43 и 0.37 тыс. м³/чел.), Дагестан (12%: 4.9 и 4.4 тыс. м³/чел.), Ингушетия (8.5%: 2.5 и 2.3 тыс. м³/чел.), Кабардино-Балкария (6.6%: 6.0 и 5.6 тыс. м³/чел.) и Чечня (6.3%: 4.5 и 4.2 тыс. м³/чел.), Ростовской (6.6%: 3.4 и 3.2 тыс. м³/чел.), Московской (6%: 0.71 и 0.67 тыс. м³/чел.) и Белгородской (4.6%: 1.68 и 1.6 тыс. м³/чел.) областей. Снижение реальной водообеспеченности в сравнении с потенциальной на 1-4% наблюдается в Курской, Воронежской, Липецкой, Тульской, Тамбовской, Оренбургской областях, Республике Башкортостан и в Ханты-Мансийском авт. округе.

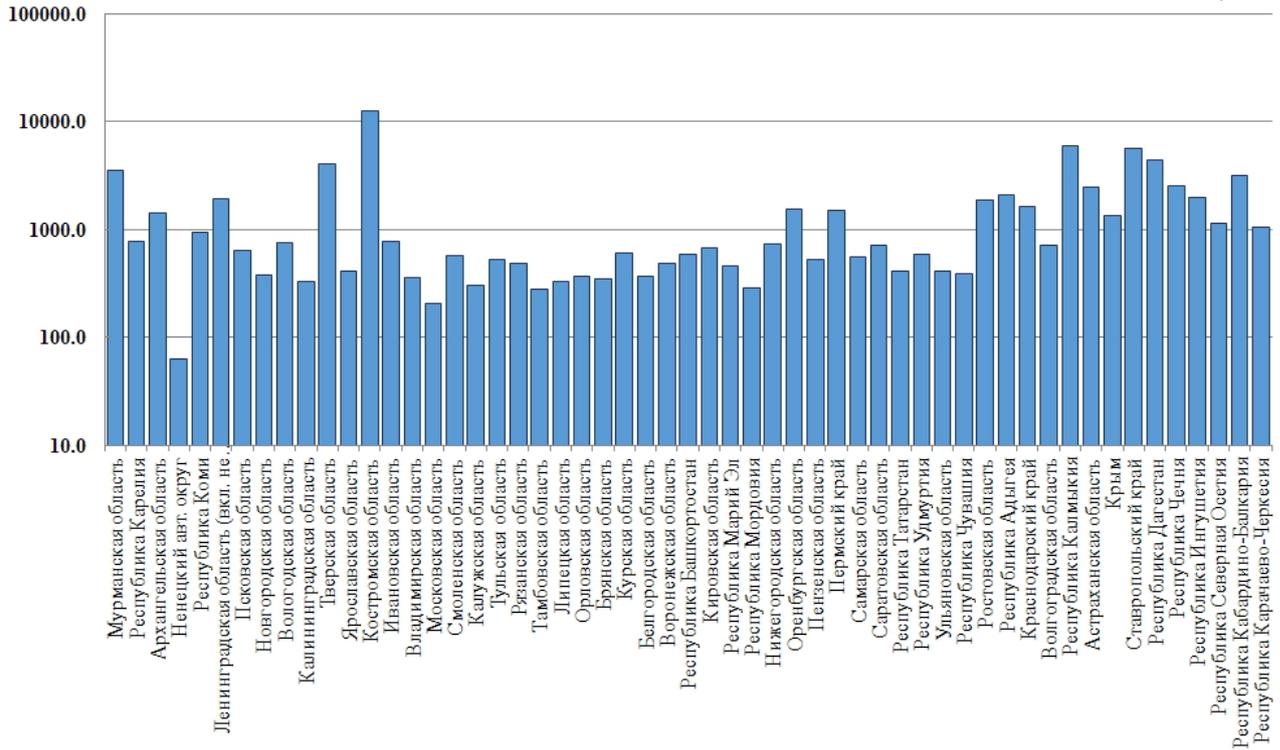
При оценках водообеспеченности территории страны интерес представляют не только абсолютные значения водозабора, но и характер его использования на различные нужды. В настоящее время ~57% водозабора, изымаемого из всех водоёмов и водотоков России, приходится на нужды промышленности, ~14% – на коммунальные, ~13% – на сельскохозяйственные и 16% – на прочие нужды. Наиболее высокий процент изъятия вод на сельскохозяйственные нужды характерен для южных областей, в то же время наиболее высокий процент изъятия вод на промышленные нужды наблюдается в самых разных регионах страны.

Наряду с водозабором, важным показателем, характеризующим использование воды в различных регионах России, является водоёмкость [Глазовский, 1992], рассчитанная как отношение использованной воды (в м³) к величине регионального валового продукта (в млн. руб. лей). На рисунках 4.34 и 4.35 приводятся данные по водоёмкости, рассчитанные для всех субъектов Федерации на уровень 2016 года (I), в том числе с учётом лишь водозабора на промышленные и сельскохозяйственные нужды (II).

На уровень 2016 года средняя по стране водоёмкость составляла ~880 м³/млн. руб. НВП (в том числе на промышленные и сельскохозяйственные нужды – 750 м³/млн. руб. НВП). В среднем по Федеральным округам данное значение было выше для СКФО (4150/3880 м³/млн. руб. РВП), ЮФО (1640/1460), СЗФО (1560/1440), СФО (1070/910) и ДВФО (1030/800).

Водоёмкость, м³/млн. руб. ВРП, ЕЧР

Д)



Водоёмкость, на промышленные и сельскохозяйственные нужды м³/млн. руб. ВРП, ЕЧР

И)

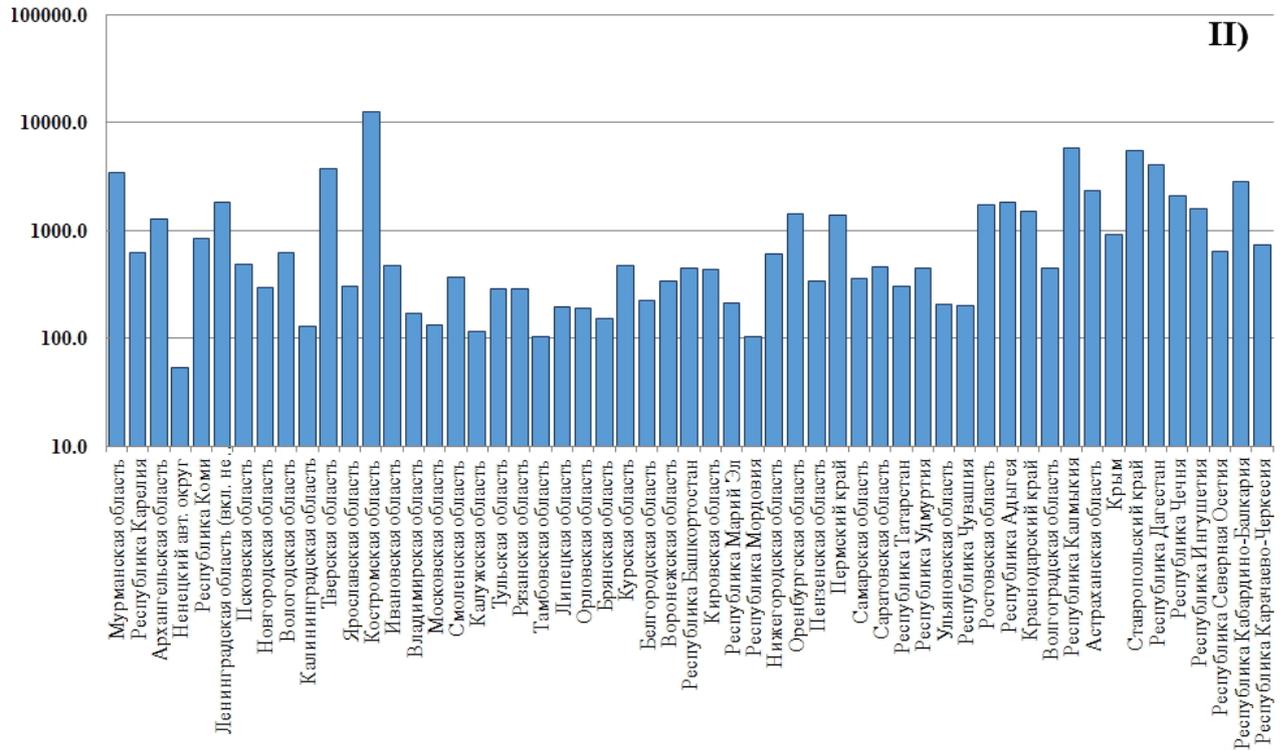


Рисунок 4.34. Водоёмкость для субъектов Федерации, расположенных в пределах ЕЧР.

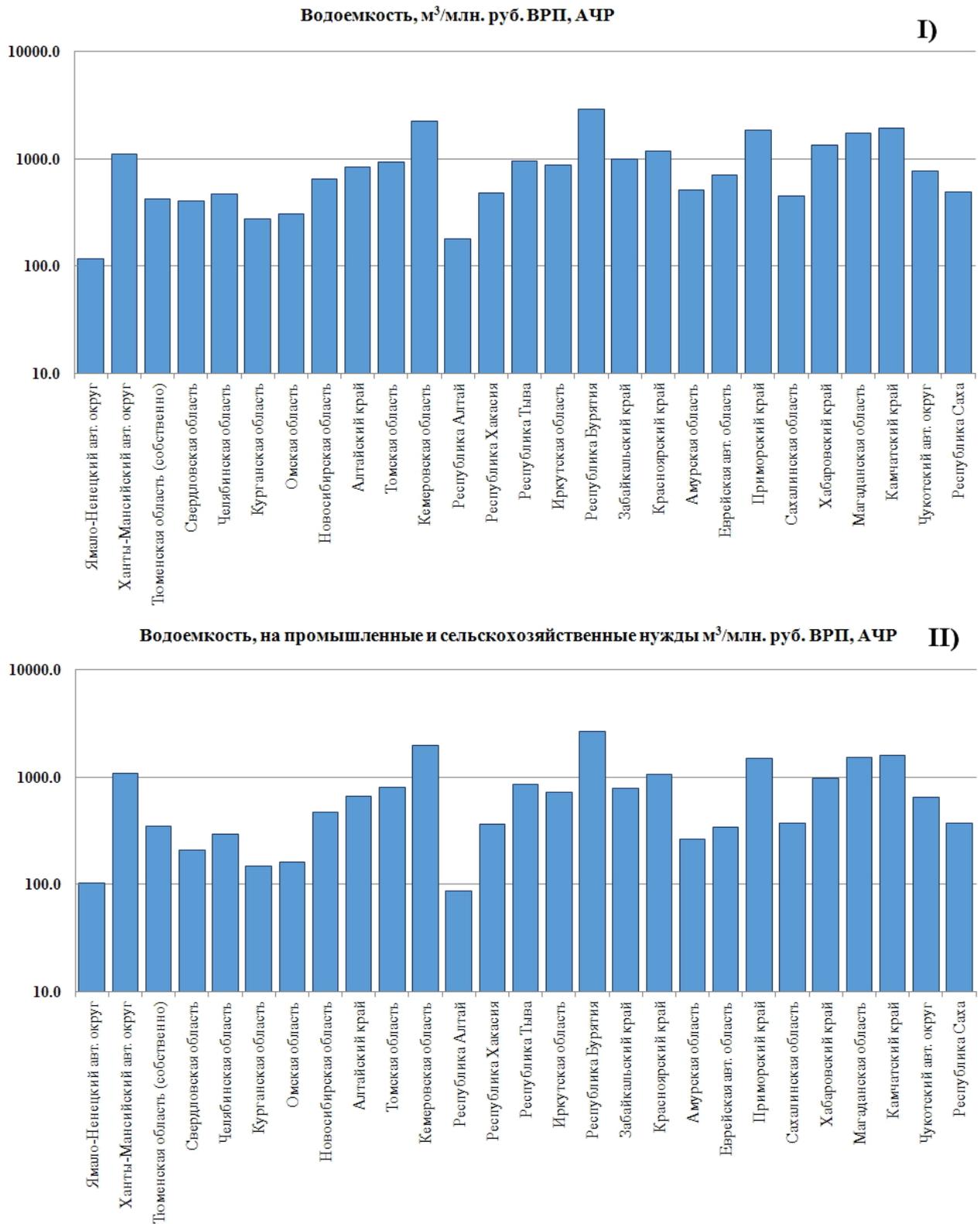


Рисунок 4.35. Водоёмкость для субъектов Федерации, расположенных в пределах АЧР.

Если ориентироваться на данные Государственного доклада ... (2017), среди субъектов Федерации наиболее высокие значения водоёмкости наблюдались в Костромской области (12600/12440), Республике Калмыкия (5890/5750), Ставропольском крае (5700/5550), Республи-

ке Дагестан (4380/4110), Тверской (4010/3770), Мурманской (3570/3410) областях, Республиках Кабардино-Балкария (3210/2830), Бурятия (2860/2680), Чечня (2550/2070), Астраханской (2470/2340), Кемеровской (2240/1980) областях и Республике Адыгея (2090/1840). За редким исключением это южные регионы страны, где основной водозабор идёт на нужды орошения. Из общей картины выбиваются Костромская область и Ставропольский край, в которых водозабор на промышленные нужды превышает 2 км^3 в год. Костромская область по величине промышленного водозабора в пределах ЦФО уступает лишь Московской области, в то же время по величине ВРП она занимает 72 место среди субъектов Федерации. Промышленный водозабор в Ставропольском крае самый высокий среди всех субъектов Федерации, расположенных на юге ЕЧР. Водозабор на промышленные нужды, превышающий 1 км^3 , наблюдается в Мурманской области (по СЗФО по промышленному водозабору она уступает лишь Ленинградской области), Тверской области (третье место по ЦФО) и Кемеровской области (по СФО по промышленному водозабору она немногим уступает Красноярскому краю).

Высокие значения водоёмкости в регионах водного дефицита могут свидетельствовать о нерациональности использования водных ресурсов и необходимости определённых корректировок водопользования.

4.2.3. Водные ресурсы естественных и искусственных водоёмов регионов водного дефицита

Анализ региональных данных по водообеспеченности и водозабору подтверждает утверждение, что дефицит водных ресурсов определяется не только физико-географическими факторами, но и экономическими. Как результат, наряду с регионами недостаточного увлажнения, низкая водообеспеченность, определяемая как за счёт быстро, так и замедленно возобновляемых водных ресурсов, наблюдается в целом ряде наиболее экономически развитых субъектов Российской Федерации, расположенных в регионах достаточного увлажнения и характеризующихся значительными водными ресурсами.

К регионам недостаточного увлажнения принято относить территории, в пределах которых величина испаряемости (E) в среднем за год превышает количество выпадающих атмосферных осадков (R), то есть коэффициент увлажнения по Н. Н. Иванову ($K_y = \frac{R}{E}$) не превышает 1.0 [Иванов, 1948]. В силу низкой увлажнённости такие регионы характеризуются и ограниченными ресурсами речного стока местного формирования. Коэффициенты стока (отношение величины слоя стока с данной площади за определённый промежуток времени к величине атмосферных осадков, выпадающих на неё за тот же период), обычно не превышают здесь 0.2, причём сток чаще всего привязан к периоду весеннего половодья или периодическим паводкам. Для регионов достаточного увлажнения количество выпадающих за год атмосферных осадков приблизительно равно величине испаряемости, $K_y \approx 1$ и коэффициенты стока составляют 0.2-0.4.

Превышение выпадающих атмосферных осадков над величиной испаряемости ($K_y > 1$) наблюдается в регионах избыточного увлажнения (зона тундры, лесотундры, тайги), где коэффициенты стока достаточно высокие (> 0.4).

Как уже упоминалось, согласно данным Атласа мирового водного баланса [Атлас..., 1974], зона недостаточного увлажнения занимает около 1/5 площади России (рисунок 4.36). В её пределах на уровень конца 2010 годов проживает более 40% населения страны, большая часть которого сконцентрирована на юге европейской части России, где дефицит водных ресурсов наиболее выражен. Значительная часть зоны недостаточного увлажнения приходится и на азиатскую часть страны, по большей части слабо населённую. Наибольшая плотность населения в пределах АЧР наблюдается на юге Западной Сибири, а также в байкальском регионе, где проблемы водообеспечения существенно обостряются в маловодные периоды. Засушливые регионы Среднесибирского плоскогорья заселены слабо, так что даже при ограниченных водных ресурсах нагрузка на них сравнительно небольшая. Вместе с тем, высокая плотность населения характерна для центральной части Русской равнины, расположенной преимущественно в зоне достаточного увлажнения. Антропогенный пресс на её водные ресурсы велик, и обеспеченность водой жителей целого ряда субъектов Федерации не превышает 5 тыс. м³/чел. год (то есть относится к категории «низкая») даже при расчёте водообеспеченности с учётом половины притекающих вод. То есть, по значениям удельной водообеспеченности целый ряд регионов центра ЕЧР приближается к странам Центральной Европы, в которых, в силу высокой плотности населения, удельная водообеспеченность или «низкая» или «очень низкая» [World..., 2003], несмотря на то, что страны расположены в зоне достаточного увлажнения.

Для большинства регионов, расположенных в пределах зоны недостаточного увлажнения, характерны низкие коэффициенты удельной водообеспеченности (приведённые ранее в таблице 4.1), рассчитанные с учётом стока рек местного формирования. В то же время, многие из этих регионов характеризуются значительными величинами транзитного стока (рисунок 4.28). В этом случае, с учётом половины притока, удельная водообеспеченность таких территорий, особенно при их слабой населённости, может быть выше на порядок и даже более (рисунок 4.27). Как пример, в пределах российской Азии лишь 2 субъекта Федерации на юге Западной Сибири характеризуются «низкой водообеспеченностью» (2-5 тыс. м³/чел. год.), рассчитанной с учётом половины притока, и 1 – «средней» (5-10 тыс. м³/чел. год.), в то время как с учётом лишь вод местного формирования – 4 с «низкой водообеспеченностью» и 3 со «средней». При этом наличие локальных проблем с водообеспечением экономики юга Западной Сибири хорошо известны. Кроме того, все субъекты Федерации, расположенные на юге Восточной Сибири в силу их относительно низкой населённости характеризуются как высоко обеспеченные водными ресурсами. В то же время, проблемы водоснабжения здесь не только присутствуют, но и в годы низ-

кой водности требуют порой своего решения на государственном уровне, что уже неоднократно упоминалось.



Рисунок 4.36. Регионы недостаточного увлажнения на территории Российской Федерации (выделены по данным «Атласа мирового водного баланса» (1974).

Условные обозначения: I – юг европейской части России, включая большую часть бассейна Дона, бассейны Нижней Волги, Кубани, Терека и бессточные области междуречий Терека, Дона и Волги; II – юг Западной Сибири, включая верхнюю часть бассейна Урала, части бассейнов Иртыша и его основных притоков – Ишима и Тобола, бассейн Верхней Оби и бессточные области междуречий Оби и Иртыша; III – юг Восточной Сибири, включая верхние части бассейнов Енисея, Ангары, Амура, Витима и Олёкмы; IV – наиболее засушливые регионы Среднесибирского плоскогорья, включая значительную часть бассейна Лены при впадении в неё Вилюя и Алдана, а также межгорная котловина между хребтами Верхнеянский, Черского и Сунтар-Хаята.

Итак, в регионах недостаточного увлажнения при их относительно низкой населённости и наличии транзитного стока, значения водообеспеченности, рассчитанной с учётом половины притока, могут не отражать локальные проблемы водоснабжения. Ещё один яркий пример, уже в европейской части России – Волгоградская и Астраханская области. Удельная водообеспеченность, рассчитанная с учётом половины притока, для обеих областей относится к категории «очень высокой», с учётом только вод местного формирования – «очень низкой» и «катастрофически низкой». Основная часть промышленных центров концентрируется вдоль русла Волги, по мере удаления от него резко проявляется водный дефицит.

Таким образом, при выделении регионов реального водного дефицита недостаточно ориентироваться на значения удельной водообеспеченности, рассчитанной с учётом половины притока, но и необходимо также учитывать водообеспеченность, определённую за счёт вод местного формирования.

В настоящее время в регионах с низкой водообеспеченностью, рассчитанной с учётом половины притока, на площади 782 тыс. км² (4.5% площади страны) проживает 55.6 млн. человек, то есть 38% населения России. Большинство субъектов Федерации, характеризующихся низкой водообеспеченностью, расположены в пределах Центрального и Северо-Кавказского Федеральных округов, даже средняя для обоих округов удельная водообеспеченность, как уже ранее указывалось, относится к категории «низкая» (соответственно 2.6 и 3 тыс. м³/чел. год).

Как уже упоминалось, необходимо учитывать, что значительные проблемы с водоснабжением возникают и в субъектах Федерации, водообеспеченность которых с учётом половины притока характеризуется как «средняя» или даже «высокая», в то время как ресурсы местного стока в них недостаточны. Транзитный сток лишь частично решает здесь проблемы водных ресурсов. К таким регионам, прежде всего, необходимо отнести Астраханскую, Самарскую и Волгоградскую области, где водообеспеченность, рассчитанная с учётом только ресурсов местного стока, не превышает 2 тыс. м³/чел. год. В Новосибирской, Саратовской, Калининградской, Омской области, Республиках Татарстан и Чувашия водообеспеченность, рассчитанная с учётом ресурсов стока местного формирования – от 2 до 3 тыс. м³/чел. год. Суммарная численность населения, проживающего в перечисленных регионах – около 20 млн. человек.

Ещё в 10 субъектах Федерации – Санкт-Петербурге и Ленинградской области, Владимирской, Оренбургской, Нижегородской, Ульяновской, Брянской, Орловской, Республиках Кабардино-Балкария и Мордовия с суммарным населением около 17 млн. человек водообеспеченность за счёт ресурсов местного стока не превышает 5 тыс. м³/чел. год. Для Ленинградской области пониженная в силу высокой плотности населения водообеспеченность возобновляемыми водными ресурсами компенсируется высокой обеспеченностью озёрными водами. Ладожское озеро, содержащее 848 км³ пресной воды [Ладога, 2013], активно рассматривается как альтернативный источник водоснабжения Санкт-Петербурга. Остальные перечисленные субъекты Федерации не обладают столь значимыми озёрными ресурсами. Большинство из них относится к зоне достаточного увлажнения и пониженная водообеспеченность определяется в них не столько ограниченностью ресурсов поверхностного стока, сколько высокой плотностью населения. Проблемы водообеспечения здесь обозначены, однако пока не обострены.

Кроме того, проблемы с водными ресурсами могут наблюдаться и в низко населённых регионах зоны недостаточного увлажнения, которые на настоящий момент характеризуются средними значениями водообеспеченности, как например республика Калмыкия (численность населения ~273 тыс. человек, суммарный объем речных вод местного формирования – 1.4 км³).

Как уже указывалось в предыдущем разделе, для большинства перечисленных субъектов Федерации, как расположенных в пределах зоны недостаточного увлажнения, так и в наиболее густо населённых регионах зон достаточного и избыточного увлажнения, характерны невысо-

кие значения удельной водообеспеченности за счёт ресурсов вод, содержащихся в озёрах и водохранилищах (рисунок 4.31). В то же время, 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. Значительными запасами озёрных вод, как уже указывалось, обладают Челябинская, Новосибирская, Курганская и Омская области. Только в пресных озёрах каждой из областей сосредоточено более 1 км^3 воды. В этой связи, для регионов, характеризующихся низкой водообеспеченностью, представляется интересным более подробно рассмотреть фонд естественных и искусственных водоёмов.

В пределах зоны недостаточного увлажнения находится ~40 000 естественных водоёмов с площадями зеркала, превышающими 1 гектар. Наибольшей озёрностью (средняя ~2%) характеризуется юг Западной Сибири. Суммарная площадь 6 субъектов Федерации, расположенных на юге Западной Сибири, водообеспеченность которых ресурсами речного стока местного формирования ниже 10 тыс. $\text{м}^3/\text{чел. год}$, составляет более 800 тыс. км^2 . На данной площади расположено ~20 000 озёр (площадью $>1 \text{ га}$) с суммарной площадью водной поверхности более 16.7 тыс. км^2 . Суммарная площадь водной поверхности искусственных водоёмов ~2 тыс. км^2 . Запасы озёрной воды в средний по водности год составляют здесь 30.8 км^3 , из которых более половины – пресные. При этом в 23 наиболее крупных озёрах с площадями зеркала более 50 км^2 сосредоточено ~ 10.2 км^3 воды. Около 13 км^3 воды заключено в искусственные водоёмы (рисунок 4.37). Как уже указывалось, характерной чертой юга Западной Сибири является значительное изменение уровней озёр и, соответственно, площадей водной поверхности и объёмов содержащихся в них вод, как в течение года, так и в многолетнем разрезе.

На юге европейской части России площадь территорий, находящихся в пределах зоны недостаточного увлажнения, превышает 1.1 млн. км^2 . Количество расположенных здесь озёр (площадью $>1 \text{ га}$) составляет более 16 000, средняя естественная озёрность (с учётом площадей лагун и лиманов) ~0.5%, средняя общая озёрность (с учётом площадей водохранилищ) ~1.5%. Значительная часть водоёмов являются солоноватыми или солёными, в том числе наиболее крупные. Почти все пресноводные озёра характеризуются небольшими размерами. На общем фоне резко вычленяется подрайон дельты р. Волги, характеризующийся избытком озёр, большинство из которых заполнено пресными водами. Согласно проведённой оценке, в озёрах юга европейской части России сосредоточено ~ 6.1 км^3 воды, из которых лишь ~ 2.2 км^3 – пресные. Около 100 км^3 пресной воды сохраняется в искусственных водоёмах. Суммарная площадь вод-

ной поверхности всех озёр в средний по водности год составляет 5.5 тыс. км², в том числе около 4 тыс. км² приходится на солёные озера. Суммарная площадь зеркала водохранилищ ~13.7 тыс. км² (рисунок 4.38).

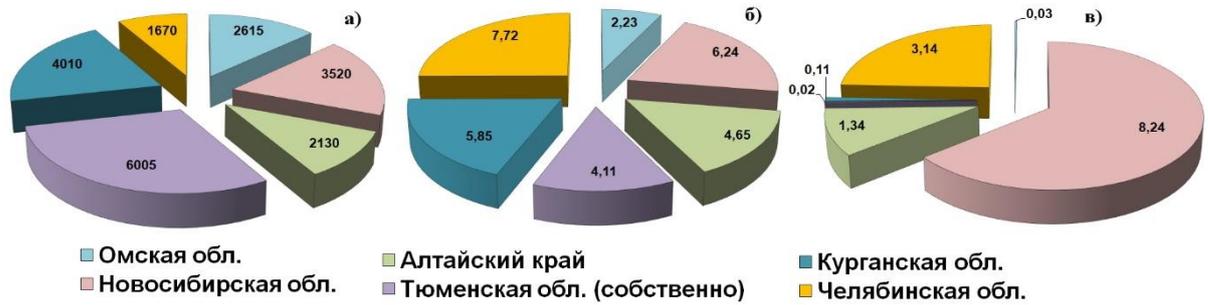


Рисунок 4.37. Распределение количества озёр (а) по 6 субъектам федерации юга Западной Сибири, запасы содержащихся в них вод (б), и вод, заключённых в искусственные водоёмы (в).

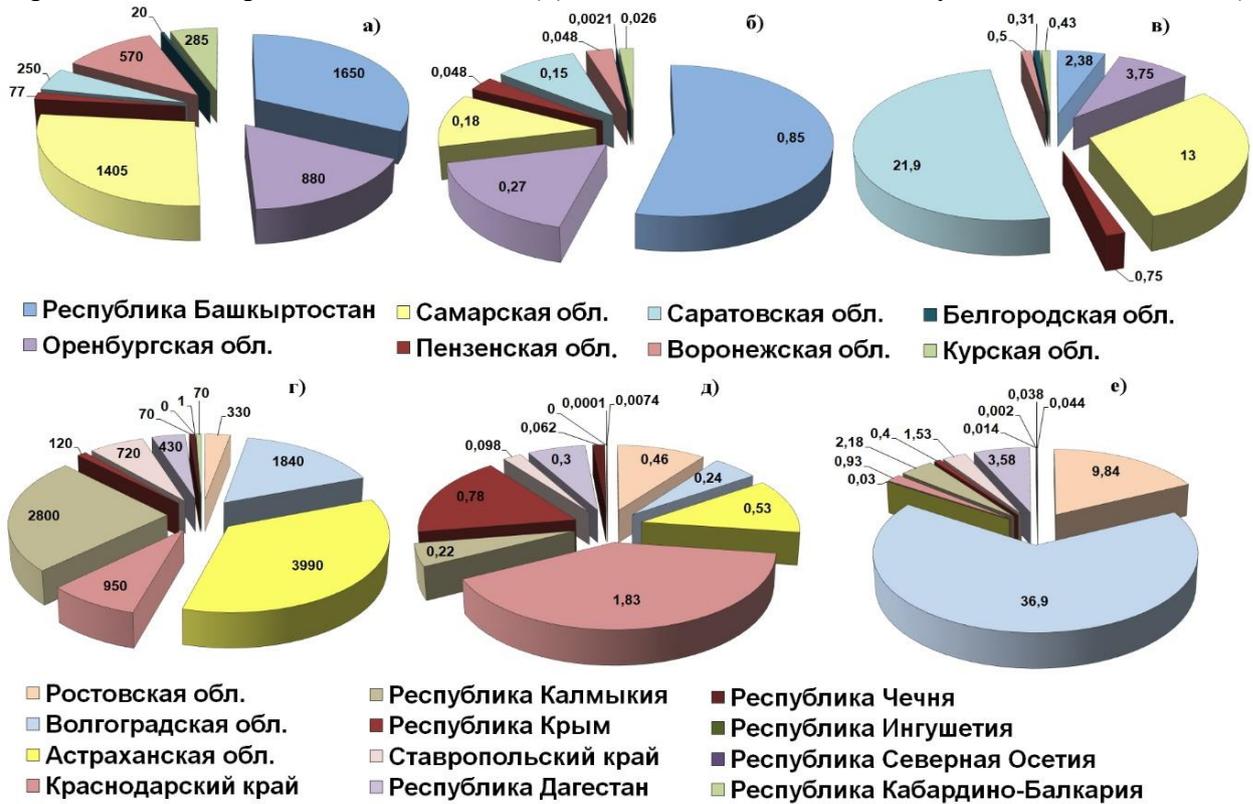


Рисунок 4.38. Распределение количества озёр (а) и запасы вод озёр (б), и искусственных водоёмов (в) по субъектам федерации южной части ЦФО и ПФО. Распределение количества озёр (г) и запасы вод озёр (д), и искусственных водоёмов (е) по субъектам федерации, характеризующихся недостаточной водообеспеченностью в пределах ЮФО и СКФО.

Среди регионов, расположенных в зоне достаточного увлажнения, значения водообеспеченности, рассчитанной с учётом половины притока, не превышают 5 тыс. м³/чел. год в 5 субъектах Федерации. В двух субъектах с населением около 20 млн. человек водообеспеченность относится к категории «катастрофически низкая» и в 3 с населением чуть менее 4 млн. человек – «низкая». Ещё в 5 субъектах Федерации с населением более 8 млн. человек она не превышает 10 тыс. м³/чел. год. В озёрах зоны достаточного увлажнения, характеризующихся пониженной

водообеспеченностью, суммарно содержится $\sim 2.4 \text{ км}^3$ воды. Около 4.5 км^3 пресной воды сохраняется в искусственных водоёмах. Суммарная площадь водной поверхности всех озёр составляет ~ 1 тыс. км^2 , водохранилищ ~ 2.5 тыс. км^2 . Численность озёр по субъектам федерации, а также распределение запасов вод, содержащихся в озёрах и водохранилищах представлены на рисунке 4.39.

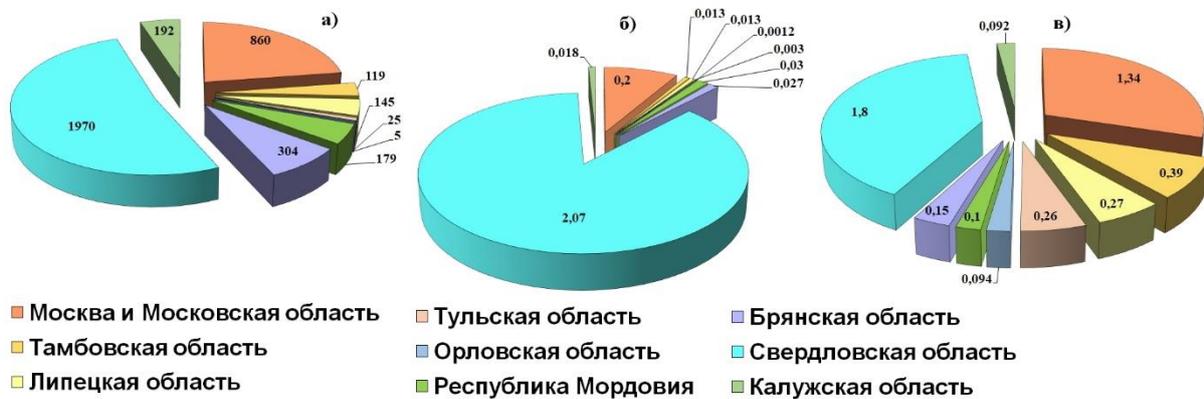


Рисунок 4.39. Распределение количества озёр (а) по субъектам федерации, запасы содержащихся в них вод (б), и вод, заключённых в искусственные водоёмы (в).

Для ряда субъектов Федерации зоны недостаточного увлажнения со средней и низкой водообеспеченностью, характерны относительно невысокие значения водоёмкости. В то же время очень высокие показатели водоёмкости наблюдаются на юге ЕЧР: в Республике Калмыкия ($5890 \text{ м}^3/\text{млн. руб. ВРП}$), Ставропольском крае ($5700 \text{ м}^3/\text{млн. руб. ВРП}$), Республиках Дагестан ($4380 \text{ м}^3/\text{млн. руб. ВРП}$), Кабардино-Балкария ($3210 \text{ м}^3/\text{млн. руб. ВРП}$) и Чечня ($2550 \text{ м}^3/\text{млн. руб. ВРП}$). Значительная водоёмкость отмечается в Республике Ингушетия ($1960 \text{ м}^3/\text{млн. руб. ВРП}$), Ростовской области ($1890 \text{ м}^3/\text{млн. руб. ВРП}$), Краснодарском крае ($1620 \text{ м}^3/\text{млн. руб. ВРП}$), Оренбургской области ($1420 \text{ м}^3/\text{млн. руб. ВРП}$), Республике Крым ($1360 \text{ м}^3/\text{млн. руб. ВРП}$). То есть, необходимо признать, что существующие ограниченные водные ресурсы используются здесь пока недостаточно рационально.

Говоря о значимых ресурсах вод, содержащихся в озёрах, необходимо также иметь в виду, что в последние полстолетия в центре и на юге европейской части России, как уже было показано ранее в разделе 3.5, наблюдается постепенное сокращение озёрного фонда. Активизация антропогенного воздействия в купе с масштабным гидростроительством, изменившим систему дренажа, практически полное исчезновение естественных ландшафтов, разбор вод на различные нужды привели здесь к сокращению площадей озёр и исчезновению некоторых малых водоёмов [Измайлова, 2018 (в)]. В связи с этим, использование озёр как источника дополнительных водных ресурсов в регионах водного дефицита должно быть тщательно обосновано.

Глава 5. Экологическое состояние водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации

Наряду с количественной оценкой водных ресурсов, значительный интерес при водохозяйственном планировании представляет информация по качественным характеристикам водного фонда естественных и искусственных водоёмов, а также сведения об их экологическом состоянии, позволяющие получить полную картину о потенциале хозяйственного использования водных ресурсов. Поскольку в основе оценки характеристик, показывающих качественное состояние озёрного фонда, прежде всего, лежит анализ многоплановой лимнологической информации, собранной за период наблюдений на озёрах и водохранилищах страны, данную главу представляется логичным начать с краткой истории изучения озёр и описания современной лимнологической изученности страны. Обобщение по истории изучения озёр России составлено на основе проведённого анализа многоплановой литературы при подготовке серии монографий по озёрам России [Румянцев и др. 2015, 2017, Измайлова, 2018].

5.1 Лимнологическая изученность Российской Федерации

5.1.1 Предыстория изучения озёр России

Согласно общепринятому мнению, начало лимнологии как самостоятельной науки было заложено работами на Женевском озере Ф-А. Фореля, которые он опубликовал в 3-х томном труде «Le Léman. Monographie limnologique» [Forel, 1892-1904]. Однако научное изучение озёр было начато значительно раньше. Так, в Российской империи первые описания и исследования озёр проводились уже в XVII – XVIII веке. В главе 1 приводилась краткая сводка по истории оценок озёрного фонда России, так что в данном разделе внимание будет уделено лишь основным работам, направленным на описание и изучение озёр.

Описание озёр различных регионов Российского государства было начато с XVII века, когда после расширения его границ был организован целый ряд географических экспедиций в северные и восточные регионы страны, до тех времён неизведанные. Изначально изучение озёр носило преимущественно описательный характер. Однако, уже в 1719 – 1727 годах, в период восьмилетней экспедиции Д.Г. Мессершмидта, были получены первые научные сведения по озеру Байкал [Forschungsreise..., переизд. 1968-68]. Д.Г. Мессершмидт составил карту Байкала, дал научное описание озера, привёл сведения о горячих источниках.

Огромнейшую роль в изучении Сибири и Дальнего Востока сыграла Великая Северная экспедиция (II Камчатская или Сибирско-Тихоокеанская), предпринятая в 1730 – 40-е годы. Наряду с общегеографическими описаниями новых земель, её сухопутными отрядами были сделаны первые описания целого ряда крупных озёр. Сухопутные партии Ленско-Енисейского отряда под руководством Х.П. Лаптева, занимавшиеся описанием полуострова Таймыр, достигли оз. Пясино и Ессей и нанесли их на карты. Г.Ф. Миллером, И.Г. Гмелиным, С.П. Крашенинниковым и Г.В. Стеллером были проведены исследования на озёрах Восточной Сибири и Дальнего Востока. В работах С.П. Крашенинникова и Г.В. Стеллера упоминаются результаты описания озёр Камчатки, в частности, Г.В. Стеллер в 1740 г. исследовал озеро Курильское [Стеллер, переизд. 1999], а первичные данные об оз. Кроноцком были получены С.П. Крашенинниковым [Крашенинников, 1755].

Крупнейшей экспедицией второй половины XVIII века, направленной на изучение природы государства Российского, явилась организованная Академией наук «Физическая экспедиция» (1768 – 1775). Также, как и Великая Северная экспедиция, она включала целый ряд отдельных экспедиционных отрядов, работавших в Поволжье, Прикаспии, на Кавказе, Урале, Европейском Севере и в Сибири под руководством П.С. Паласа, И.И. Лепехина, С.Г. Гмелина, И.П. Фалька, И.Г. Георги, И.А. Гильденштедта [Россия..., 1989]. В рамках экспедиции академика П.С. Паллас и И.Г. Георги предприняли первую попытку объяснить происхождение озера Байкал, высказав предположение о его неотектонической природе. В дальнейшем, в 1786 году П.С. Палласом во время поездки на юг Западной Сибири было получено первое описание крупнейшего озера юга Западной Сибири – Чаны. В рамках Физической экспедиции начал свои работы и академик Н.Я. Озерецковский, занимавшийся изучением водоёмов европейской части России. По результатам исследования крупнейших озёр – Ладожского, Онежского, Ильмень и Селигер вышла серия выпущенных им статей [Озерецковский, 1812, 1817].

В XIX веке изучение крупнейших озёр России активно продолжалось. В 1834 г. во время путешествия по Алтайским горам геологом Г.П. фон Гельмерсеном было сделано описание Телецкого озера [Гельмерсен, 1840]. Серединой XIX в. датируются и первые подробные описания озёр северной Сибири. В 1842 – 1844 году была проведена экспедиция под руководством А.Ф. Миддендорфа, результаты которой он опубликовал в своём многотомном труде «Путешествие на север и восток Сибири» [Миддендорф, 1860-77]. В период экспедиции А.Ф. Миддендорфом было впервые описано крупнейшее северное озеро России – Таймыр. Уже позже, в 1866 г. экспедицией Ф. Шмидта было проведено исследование озёр Гыданского полуострова.

Изучение Сибири начиналось, прежде всего, силами столичных учёных, но уже в 1851 г. в Иркутске был организован Сибирский отдел Русского географического общества (СОРГО), и

в этот же год был открыт первый Сибирский университет в г. Томск. Это способствовало привлечению к изучению озёр юга Сибири местных исследователей — ботаников, зоологов и ихтиологов. Их совместные усилия способствовали накоплению фактов, обобщающих сведения об озёрах, и прежде всего крупнейшему из них — оз. Байкал. Уже во второй половине XIX в. в исследовании озера Байкал принимали участие Н.Г. Меглицкий, Г.И. Радде, Б.И. Дыбовский, В.А. Годлевский, А.Л. Чекановский, И.Д. Черский, В. Ксенжепольский, В.А. Обручев, В.П. Горяев, И.А. Пятидесятников, А. В. Вознесенский. Б.И. Дыбовский, по праву считающийся основоположником научного байкаловедения, предложил создать на берегу озера постоянную биологическую станцию, объяснив это недостаточностью эпизодических исследований этого богатейшего по своим ресурсам водоёма. В 1868 – 1871 гг., совместно с В.А. Годлевским, были начаты стационарные наблюдения на озере.

В середине XIX в., по мере активного роста экономики России, значительное внимание стало уделяться крупнейшим транспортным и рыболовным водоёмам и наиболее освоенной европейской части страны. В 1851 – 1852 гг. Псковско-Чудское озеро было исследовано академиком К.М. Бэр, возглавившим комиссию по изучению причин постепенного снижения рыбных уловов [Бэр, 1854]. В дальнейшем, в 1861 – 1862 гг. геологическое исследование побережья Псковско-Чудского озера проводил академик Г.П. Гельмерсен, одновременно собравший материалы о его режиме, глубинах и течениях. В 1860 – 1870 гг. Н.Я. Данилевским проводятся исследования оз. Ильмень, направленные на выработку правил регулирования рыболовства. Примерно в это же время на оз. Плещеево работали А.А. Свирелин и О.А. Гримм [Свирелин, 1863].

В 1858 – 1867 гг. под руководством штабс-капитана А.П. Андреева состоялась первая комплексная экспедиция гидрографического департамента морского министерства на Ладожское озеро, результатом которой явился изданный в двух частях труд «Ладожское озеро» [Андреев, 1875]. В 1872 г. командой парохода «Ижора» были проведены первые измерения на Онежском озере, после чего с 1873 г. были организованы систематические гидрографические работы, продолжавшиеся до 1894 г. Примерно в это же время были начаты работы и на других крупных озёрах Карелии – Сегозере, Выгозере, Сямозере, по результатам которых вышли работы М.А. Токарского и С.Н. Соколова [Токарский, 1899, Соколов, 1906].

По мере освоения богатейших месторождений полезных ископаемых в 1870-х годы начинаются первые исследования крупных озёр Урала. С этой целью в 1873 г. Петербургским обществом естествознания на Средний и Южный Урал был командирован В.Д. Аленицын. Статья В.Д. Аленицына [Аленицын, 1874] «Очерк Троицко – Челябинских озёр» содержит типизацию озёр Оренбургской губернии, выполненную согласно их морфометрическим особенностям, засолённости и ихтиофауне. Значительный вклад в изучение озёр Урала внесли работы Л.П.

Сабанеева, П.Я. Щелкановцева, В.Н. Сементовского, В.Н. Лебедева, А.В. Новикова, И.В. Кучина, П.А. Воронцовского [Сабанеев, 1870, Щелкановцев, 1903, Сементовский, 1907, 1917, Лебедев, 1909, Новиков, 1910, Кучин, 1910, Воронцовский, 1916].

В конце XIX века появляются и новые работы, посвящённые вопросам изучения озёр юга Западной Сибири, описанных ранее П.С. Палласом и В. Филимоновым. Среди них необходимо упомянуть труды Н.М. Ядринцева, Л.С. Берга, П.Г. Игнатова, Д. Дьяконова, И.И. Жилинского, А.С. Скорикова. В 1895 г. под руководством инженера И.И. Жилинского были проведены гидрологические работы на оз. Чаны, а в 1898 г. на озере был открыт первый водомерный пост гидрологических наблюдений за уровнем воды – Квашино. Спустя ещё 15 лет на озере и в его окрестностях начала работать ихтиологическая экспедиция из Санкт-Петербурга под руководством А.С. Скорикова, по результатам которой затем вышла одна из первых работ по рыбам региона и рыбохозяйственной эксплуатации оз. Чаны и других водоёмов Барабы [Скориков, 1913, 1914].

В конце XIX в. была организована лимнологическая экспедиция, направленная на изучение озёр Омского уезда, в которой приняли участие Л.С. Берг и П.Г. Игнатов. Результатом экспедиции явились статьи «О солёных озёрах Омского уезда», вышедшие в 1898 г. и 1901 годах [Берг, Игнатов, 1901]. На основе анализа наблюдаемого авторами состояния озёр и сравнения их очертаний с картами середины XIX века, был сделан вывод об усыхании озёр юга Западной Сибири. Аналогичный вывод чуть ранее был сделан и Н.М. Ядринцевым, сравнившим картографические материалы XVII и XIX вв. по крупнейшему озеру Барабинской степи – Чаны, а также по ряду других водоёмов. В 1880 году под руководством Н.М. Ядринцева проводится алтайская экспедиция, включавшая лимнологические исследования на Телецком озере.

Значительные работы на рубеже XIX – XX веков проходили и на озёрах Дальнего Востока. Важный вклад в изучение гидрологии и ихтиологии дальневосточных озёр внёс Б.И. Дыбовский, собравший интересные коллекции ракообразных, моллюсков и рыб в пределах Камчатского полуострова, Командорских островов, а также в бассейне р. Амур. Важнейшим событием в истории изучения озёр Камчатки явилась экспедиция Русского географического общества (1908–1910 гг.), организованная на средства Ф.П. Рябушинского. В организации её работ важное участие принимали П.Ю. Шмидт и А.Н. Державин. Во время экспедиции были достаточно подробно описаны некоторые наиболее крупные водоёмы Камчатки, в том числе оз. Камчатское, Кроноцкое, Нерпичье, Ажабачье, их гидрологический режим, флора и фауна [Лебедев, 1915, 1916, Шмидт, 1916, Державин, 1923, 1927]. Результаты обработки биологических материалов экспедиции были опубликованы и в более поздних работах различных специалистов.

В конце XIX века были начаты первые исследования озёр европейского Северо-Запада. Среди специалистов, опубликовавших свои материалы по альгологии озёр Кольского полуострова – W. Nylander и P.T. Cleve, J. Richard, E.K. Hirn и K. Levander [Cleve, 1891, Richard, 1889, Hirn, 1895, Levander, 1905]. Из российских учёных исследованием сине-зелёных водорослей, обитающих в Кольских озёрах, занимался А.А. Еленкин.

Наряду с крупными озёрами страны, определённый интерес в середине XIX века стало вызывать и изучение малых водоёмов. В 1860-м году выходит книга М. Баранович «Материалы для географии и статистики России...» [Баранович, 1860], содержащая первые опубликованные сведения о небольших озёрах центральной части России. В 1860-е годы Н.Я. Данилевский проводит изучение водоёмов юга России [Данилевский, 1869], он описывает границы Кубанской дельты, сгруппировав находящиеся на её территории лиманы, и проводит сравнение дельт Кубани, Волги, Дона и Днепра. В 1880 гг. во время Нижегородской экспедиции (1882 — 1886 гг.) В.В. Докучаева происходит обследование озёр Нижегородской губернии, по результатам которого вышла статья [Докучаев, 1886], содержащая классификацию озёр по характеру происхождения их котловин. А уже в 1890-е годы В.В. Докучаев описывает горько-солёные озёра степей Северного Кавказа и объясняет их природу [Докучаев, 1892].

В конце 1890-х гг. выходят статьи Д.Н. Анучина «Озёра области истоков Волги и Верховьев Западной Двины» [Анучин, 1898], В. Леонова «Озера бассейна рр. Пры, Поля и Ялмы в Рязанской губернии» [Леонов, 1899], а также М.Д. Рузского [Рузский, 1889], занимавшегося изучением озёр Средней Волги. Уже в начале XX века М.Д. Рузским были обследованы несколько десятков водоёмов Казанской губернии, Чебоксарского, Царевококшайского и Козмодемьянского уездов и на полученном материале была разработана классификация озёр по их происхождению. В 1901 году вышла работа И.В. Лесневского «Озёра Витебской губернии Невельского уезда» [Лесневский, 1901]. Среди первых исследованных озёр Петербургской губернии были оз. Врево, Черемнецкое, и ещё ряд водоёмов, расположенных в районе р. Луга. Вслед за ними объектом исследования стали озёра на востоке губернии, большая заслуга в их изучении принадлежала петербургскому учёному А. Колмогорову [Колмогоров, 1907].

На рубеже XIX – XX вв., по мере нарастания интереса к изучению озёр, в европейской части России открываются первые пресноводные биологические станции. Императорским русским обществом акклиматизации животных и растений при активном участии профессора зоологии Московского Университета Н.Ю. Зографа в 1891 г. основана станция на берегу оз. Глубокого. В 1897 г. Петербургским обществом естествоиспытателей по инициативе И.П. Бородин организована биологическая станция на оз. Селигер, а в 1908 г профессором зоологии Г.А.

Кожевниковым на оз. Белом создаётся Косинская биологическая станция Московского общества испытателей природы при Московском университете.

В начале XX века лимнология признается как самостоятельная наука. В первом десятилетии XX века выходит в свет первая отечественная «Инструкция для исследования озёр» [Инструкция..., 1908], в составлении которой участвовали выдающиеся учёные России Ю.М. Шокальский и В.А. Обручев. В 1907 – 1908 гг. были начаты первые кадастровые работы по озёрам. С целью определения доходности озёр статотдел Псковской губернии составил первый кадастр водоёмов, в котором было учтено 1650 озёр. Результаты работы были обобщены в книге Д.А. Шкапского «Озёра Псковской губернии» [Шкапский, 1913]. В 1912 году под руководством И.Д. Кузнецова организуется промысловая научная экспедиция по изучению метеорологического и гидрологического режима, ихтиофауны и экономики Псковско-Чудского водоёма. Организуется Витебская озёрная экспедиция, исследовавшая в 1914 – 1918 гг. озёра Себежского и Невельского районов – Невельское, Ущо, Большой и Малый Иван и др.

В начале XX в. организуется сеть метеослужбы на оз. Байкал. Продолжается активное научное изучение этого крупнейшего водоёма, проводятся работы Большой гидрографической экспедиции под руководством Ф.К. Дриженко. В 1901 – 02 гг. на озеро направляется первая Зоологическая экспедиция под руководством А.А. Коротнева, вслед за которой в 1917 г. – экспедиция Зоологического института Академии наук с участием И.И. Месяцева, Л. А. Зенкевич, Л.Л. Россолимо. В 1916 г. создаётся Байкальская комиссия Академии наук под председательством академика Н.В. Насонова, организуется экспедиция по изучению Байкала и выбору места для исследовательской станции. Биологическая база-станция в Больших Котах была образована на оз. Байкал в 1918 г., а в 1925 г. научно-исследовательская станция создаётся в посёлке Маритуй.

На начало XX века приходится создание первых научных учреждений, в обязанности которых входит изучение поверхностных вод суши и населяющих их представителей флоры и фауны. Среди первых необходимо назвать организованную в 1914 г. Лабораторию специалистов рыбного дела при Департаменте земледелия, превращённую в дальнейшем в Отдел рыболовства, а также образованную в 1915 – 1917 гг. по инициативе академика В.И. Вернадского Комиссию по изучению естественных производительных сил России (КЕПС), имевшую в своём составе Гидрологический отдел. На основе Гидрологического отдела КЕПС в 1919 году по инициативе В.Г. Глушкова был организован Государственный гидрологический институт. На почве Отдела рыболовства в 1930 г. возник Ленинградский ихтиологический институт, переименованный в 1932 г. во Всесоюзный научно-исследовательский институт озёрного и речного рыб-

ного хозяйства (ВНИОРХ) с целой сетью отделений, сформировавшихся из бывших рыбохозяйственных станций.

5.1.2 Современная лимнологическая изученность Российской Федерации

Современной лимнологической изученности различных регионов России посвящены специальные разделы в рамках монографий «Озёра европейской части России» и «Озёра азиатской части России» [Румянцев и др., 1915, 1917]. В диссертационной работе имеет смысл остановиться лишь на основных этапах изучения озёр и привести основные монографии, которые были использованы автором при составлении суммарной оценки качества озёрных вод страны.

Спустя сто лет с момента создания первых научных организаций, занимавшихся изучением поверхностных вод суши и населяющих их представителей флоры и фауны, различными аспектами изучения озёр в России занимаются десятки научных учреждений. Крупнейшим институтом азиатской части России, на протяжении 90 лет занимающимся изучением особенностей функционирования экосистемы крупнейшего пресноводного озера Земли – Байкал, является Лимнологический институт СО РАН, образованный на базе Байкальской биологической станции, основанной в 1928 г. под руководством Г.Ю. Верещагина, и в 1961 г. реорганизованной в Лимнологический институт СО АН СССР. Институтом проводятся многолетние комплексные наблюдения на озере Байкал, озёрах его бассейна, а также других озёрах азиатской части страны. В европейской части России крупнейшим институтом, на протяжении более 70 лет занимающимся изучением различных аспектов функционирования озёрных экосистем, является Институт озероведения РАН, основоположником которого по праву также считается Г.Ю. Верещагин. По его инициативе в военный 1944 год была создана Лаборатория озероведения в составе Отделения геолого-географических наук АН СССР, преобразованная в 1971 г. в Институт озероведения АН СССР. С самых первых лет своего существования Лаборатория, а затем Институт озероведения приняли на себя главенствующую роль в проведении регулярных комплексных исследований на крупнейшем европейском водоёме – Ладожском озере, а также на целом ряде других водоёмов страны и прежде всего – её северо-западной части, характеризующейся обилием озёр, оставшихся в наследие последнего четвертичного оледенения.

В настоящее время, наряду с Институтом озероведения РАН и Лимнологическим институтом СО РАН, различными аспектами изучения водоёмов занимаются сотрудники подразделений целого ряда научных институтов, а также профильные специалисты целого ряда университетов. В России исследования на озёрах проводились и продолжают проводиться сотрудниками институтов Российской академии наук и её отделений. Уже более ста лет вопросам изучения рыбного населения внутренних водоёмов и их пищевой базы уделяют внимание сотрудники ГосНИОРХа, в настоящее время имеющего на европейской части России 10 отделений. Рыб-

ными ресурсами озёр занимаются также сотрудники ряда подразделений Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии и его филиалов, Каспийского НИИ рыбного хозяйства, Уральского НИИ водных биоресурсов и аквакультуры. В азиатской части России вопросами изучения озёр занимаются сотрудники подразделений таких академических институтов, как Институты водных и экологических проблем СО РАН и ДВО РАН, Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН и Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Байкальский институт природопользования СО РАН, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Институт систематики и экологии животных СО РАН и Институт экологии растений и животных УрО РАН, Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН и Ботанический сад-институт ДВО РАН, Институт биологических проблем Севера ДВО РАН и Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН. Вопросами изучения озёр занимаются профильные специалисты ряда уральских, сибирских и дальневосточных университетов, а также сотрудники рыбохозяйственных институтов (ФГБНУ «Госрыбцентр» и его отделы, ФГУП ТИНРО-Центр и его отделения, ФГБНУ Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии). Изучению озёр российской Азии значительное внимание уделяют и учёные столичных институтов и университетов. Важнейшую роль в изучении озёр России сыграли и сотрудники уже упомянутого Государственного Гидрологического Института, созданного в 1919 г. по инициативе Академии Наук, а с 1930 г. перешедшего в ведение Гидрометеорологической службы страны. Благодаря усилиям Гидрометслужбы на озёрах ЕЧР в разное время было открыто более 240 постов, из которых в настоящее время функционирует менее 70, а на озёрах АЧР – 170 постов, из которых функционирует около 90.

Более чем за столетний период, прошедший с начала формирования лимнологии как самостоятельной науки, ею было последовательно пройдено несколько этапов. На начальном этапе развития важнейшим направлением являлось изучение роли физико-географических и гидрологических факторов в формировании озёрных экосистем. Уже с середины XX в., когда в результате активизации производства серьёзно встал вопрос о загрязнении водной среды, основное внимание стало уделяться вопросам экологического состояния озёрных экосистем. Акцент исследований сместился к изучению проблем, вызываемых антропогенным фактором и определению контролируемых показателей состава и свойств водной среды, обеспечивающих её сохранность в состоянии, пригодном для использования водных объектов. И, наконец, на рубеже XX – XXI вв., когда по мере изучения озёрных экосистем пришло осознание сложности и взаимосвязанности процессов, в них происходящих, основное внимание стало уделяться изучению путей обеспечения устойчивого функционирования водных экосистем, позволяющих предот-

вратить их деградацию. За последние десятилетия в этой области были достигнуты значительные успехи. Происходила разработка критериев, оценивающих специфику структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамику развития водных биоценозов, активно развивались биоиндикационные методы, обещающие на основе видового состава сообществ и обилия его компонент дать интегральную оценку результатов всех природных и антропогенных процессов, протекающих в водном объекте, активно внедрялись методы математического моделирования.

За многолетний период времени, в течение которого различными научными организациями проводились многоплановые исследования на озёрах, был накоплен не только значительный материал по морфометрическим характеристикам водоёмов, ставший предметом рассмотрения предыдущих глав работы, но и сведения по качеству содержащихся в озёрах вод, населяющим их организмам и особенностям функционирования озёрных экосистем.

Проведённый обзор лимнологической изученности европейской части России [Румянцев и др., 2015] свидетельствует, что на сегодняшний день наиболее полно исследованными являются озёра северо-запада ЕЧР, где собственно и сконцентрирован её основной озёрный фонд. Комплексной изученностью, прежде всего, характеризуются самые крупные водоёмы – озёра Ладожское, Онежское, Ильмень, Псковско-Чудское и Имандра. Из наиболее значимых монографий последних лет, использованных при определении качественных показателей озёрного фонда и происходивших с ним изменений, следует назвать такие, как «Экосистема озера Ильмень и его пойма» [Экосистема..., 1997]; «Онежское озеро. Экологические проблемы» [Онежское..., 1999]; «Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра» [Моисеенко и др., 2002]; «Ладожское озеро – прошлое, настоящее, будущее» [Ладожское..., 2002]; «Ладожское озеро. Атлас» [Ладожское..., 2002]; «Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озёр» [Охрана..., 2002-2003]; «Биоресурсы Онежского озера» [Биоресурсы..., 2008]; «Литоральная зона Ладожского озера» [Литоральная..., 2011]; «Ладога» [Ладога, 2013], атласы по Онежскому [Онежское..., 2010] и Ладожскому [Ладожское..., 2015] озёрам. По Чудско-Псковскому озеру, ставшему к началу 1990-х годов пограничным водоёмом, использовались материалы как отечественных, так и зарубежных специалистов, в том числе опубликованные по результатам имевшего место в конце 1990-х годов Шведско-Эстонско-Российского проекта по мониторингу Чудского озера [Афанасьев и др., 1997, Мельник, Ястремский, 2003, Noges et al., 2003].

Всесторонние исследования водоёмов проведены в Республике Карелия, имеющей наибольшее число крупных озёр в пределах ЕЧР и характеризующейся самыми высокими запасами озёрных вод (~65%). Основную роль в исследовании озёр данного региона играют сотру-

ники Института водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (ИВПС КарНЦ РАН). Наряду с крупнейшими водоёмами – Онежским озером и расположенной в пределах Карелии северной частью Ладожского озера, работы проводятся на Выгозере и р. Нижний Выг, водоёмах района г. Костомукши, озёрах Ср. Куйто, Суоярви, Исо-Пюхьярви, Крошнозеро, Пряжинское, Святозеро, Сямозеро, озёрах Кончезерской, Нижнесунской, Заонежской групп и ещё целом ряде водоёмов. Сведения по карельским озёрам были заимствованы в изданных в последние десятилетия сборниках и монографиях: «Современное состояние водных объектов Карелии» [Современное..., 1998]; «Озёра бассейна северной Ладоги» [Рыжков, 1999]; «Водные ресурсы Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карело-финляндского сотрудничества» [Водные..., 2006]; «Состояние водных объектов Республики Карелия по результатам мониторинга 1998–2006 гг.» [Состояние..., 2007]; Справочник по озёрам Карелии [Озёра..., 2013] и др.

Комплексные исследования проводятся на ряде озёр Кольского полуострова, также характеризующегося высоким коэффициентом озёрности. Основные работы на озёрах Кольского полуострова проводятся Институтом проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН (ИППЭС КНЦ РАН). Изучается гидрологический, гидрохимический, гидробиологический режимы наиболее крупных озёр Севера, подвергающихся антропогенному воздействию, а также целого ряда малых водоёмов, расположенных на различных расстояниях от основных источников загрязнения. В основу оценки качества вод Кольского полуострова положены такие крупнейшие сборники и монографии, как «Проблемы химического и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского Севера» [Проблемы..., 1995]; «Закисление вод: факторы, механизмы и экологические последствия» [Моисеенко и др., 2003]; «Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области», «Антропогенные изменения водных систем Хибинского горного массива (Мурманская область)» и экологические каталоги озёр Кольского полуострова [Кашулин и др., 2005, 2007, 2008–2009, 2009, 2010].

На протяжении второй половины XX века с участием сотрудников Института Озероведения РАН совместно с сотрудниками других институтов были выполнены всесторонние исследования расположенных в различных ландшафтах малых и средних водоёмов Ленинградской, Вологодской, Архангельской, Тверской, Новгородской и Псковской областей, Республики Коми. В основу оценки качества озёрных вод этих регионов, прежде всего, были положены материалы сборников и монографий «Особенности структуры экосистем озёр Крайнего Севера (на примере озёр Большеземельской тундры)» [Особенности..., 1994]; «Экологическое состояние континентальных водоёмов северных территорий» [Экологическое..., 2005]; «Атлас Воло-

годской области» [Атлас..., 2007]; «Теория и практика восстановления внутренних водоёмов» [Теория..., 2007], а также огромное число статей в рецензируемых журналах.

В отличие от северо-западного региона, изученность водоёмов центра и юга ЕЧР существенно ниже. Исследования здесь характеризуются неоднородностью и прерывистостью, одни регионы изучены лучше, другие достаточно слабо. В центральной части ЕЧР основной интерес исследований исторически направлен на изучение относительно крупных водоёмов, находящихся на границе распространения последнего валдайского оледенения или в зоне его влияния. Определённое внимание уделяется и небольшим озёрам, имеющим охранный статус и расположенным в пределах национальных парков. Объекты, имеющие международное значение (Дельта реки Волги, включая Астраханский государственный биосферный заповедник, и Группа лиманов между рекой Кубань и рекой Протокой и Ахтарско-Гривенская система лиманов Восточного Приазовья), курируются Московским координационным центром Wetlands International. Данные исследований озёр центра и юга европейской части России представлены в многочисленных статьях, опубликованных в сборниках и реферируемых журналах. Однако, с сожалением, необходимо констатировать, что в отличие от северо-запада ЕЧР, в настоящее время на озёрах центра и юга ЕЧР значимых лимнологических исследований мало. Значительно большее внимание здесь уделяется изучению искусственных водоёмов, прежде всего крупных водохранилищ. Среди важнейших сборников и монографий, которые наряду с многочисленными статьями легли в основу оценки качества вод центра и юга ЕЧР – «Озёра Нижнего Поволжья и Арало-Каспийской низменности» [Озёра..., 1961], «Озёра Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования» [Озёра..., 1970], «Озёра Среднего Поволжья» [Озера..., 1976], «Биопродукционные факторы абиотической среды в водоёмах разного трофического типа» [Биопродукционные..., 1981], «Голубое ожерелье Кавказа» [Ефремов, 1988], «Экосистема озера Плещеево» [Экосистема..., 1989], «Казанские озёра, исторический обзор» [Мингазова, Котов, 1989], «Озёра Чувашской Республики» [Дубанов, 2000], «Озёра Нижегородской области» [Баканина и др., 2001], «Уникальные экосистемы солонатоводных карстовых озёр Среднего Поволжья» [Уникальные..., 2001], «Гидрология и гидрохимия озера Неро» [Бикбулатов и др., 2003], «Маныч-Чограй: история и современность» [Маныч-Чограй..., 2005], «Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты» [Доценко, 2007], «Состояние экосистемы озера Неро в начале XXI века» [Состояние..., 2008], «Типология и биоразнообразие карстовых озёр Среднего Поволжья» [Типология..., 2009], «Формирование химического состава вод озёр в условиях изменения окружающей среды» [Моисеенко, Гашкина, 2010], «Озеро Южный Аграхан: проблемы экологической реабилитации» [Озеро..., 2014].

В азиатской части страны наиболее изученным водоёмом является оз. Байкал, являющееся предметом пристального внимания сотрудников Лимнологического Института СО РАН и

ещё целого ряда научных организаций, включающих институты СО РАН и крупнейшие Университеты Сибири. К настоящему времени по результатам работ на оз. Байкал выпущено более 50 монографий, не считая огромного количества научных статей и сборников. Комплексные лимнологические исследования проводятся и ещё на ряде крупных водоёмов юга азиатской части России, прежде всего таких, как озёра Ханка, Чукчагирское, Эворон, Болонь, Удыль, Торейские и Баунтовские озёра, озёра Еравно-Харгинской системы, оз. Гусиное, Б. Токо, Котокель, Орон, Кенон, оз. Телецкое, Чаны, Убинское, Сартлан, Кулундинское, Кучукское, Большое Яровое, Ик, Салтаим, Тенис, Тандово, Беле, Торе-Холь, Азас, Шира, Б. Уват, на озёрах Ильменского заповедника, а также ещё на ряде малых и средних водоёмов Урала и юга Сибири.

В основу оценки качества вод, содержащихся в озёрах юга Сибири и Урала, были положены сведения, опубликованные в таких монографиях, как «Гидрохимия озера Байкал» [Вотинцев, 1961], «Озёра юга Обь-Иртышского бассейна» [Поползин, 1967], «Очерки по Байкаловедению» [Кожов, 1972], «Биологическая продуктивность Ивано-Арахлейских озёр» [Биологическая..., 1972], «Озёра Среднего и Южного Урала» [Андреева, 1973], «Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала» [Лимнология..., 1977], «Эколого-продукционные особенности озёр различных ландшафтов Южного Урала» [Эколого..., 1978], «Гидрофауна и гидробиология водоёмов бассейна оз. Байкал и Забайкалья» [Гидрофауна..., 1980], «Пульсирующее озеро Чаны» [Пульсирующее..., 1982], «Гидрохимия озёр Центрального Забайкалья» [Иванов, Трофимова, 1982], «Озёра Баргузинской долины.» [Озера..., 1986], «Водные экосистемы Урала, их охрана и рациональное использование» [Водные..., 1986, 1989], «Биопродуктивность Баунтовских озёр Бурятии» [Биопродуктивность..., 1987], «Биопродуктивность эвтрофных озёр Иркана и Котокель бассейна озера Байкал» [Биопродуктивность..., 1988], «Мониторинг состояния озера Байкал» [Мониторинг..., 1991], «Содовые озёра Забайкалья: экология и продуктивность» [Содовые..., 1991], «Современное состояние гидрохимического режима оз. Байкал» [Тарасова, Мещерякова, 1992], «Экологический мониторинг Байкала» [Кожова, Бейм, 1993], «Оценка состояния водных и наземных экологических систем: Экологические проблемы Прибайкалья» [Оценка..., 1994], «Экология озера Гусиное» [Борисенко и др., 1994], «Озеро Убинское» [Озеро..., 1994], «Озёра Среднего Приобья (комплексная характеристика)» [Лезин, Тюлькова, 1994], «Озёра южных равнин Западной Сибири» [Савченко, 1997], «Экология озера Тургояк» [Экология..., 1998], «Исследования водных экосистем Восточной Сибири» [Исследования..., 2000], «Экология озера Большое Миассово» [Экология..., 2000], «О современном состоянии экологической системы озера Байкал» [Грачёв, 2002], «Флора водорослей водоёмов Челябинской области. Екатеринбург» [Ярушина и др., 2004], «Озеро Чаны. Гидрология, гидрохимия, гидробиология, орнитология» [Озеро..., 2007], «Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири» [Безматерных, 2007], «Экология промышленных водоёмов

предприятия ядерного топливного цикла на Южном Урале» [Смагин, 2007], «Байкал. Природа и люди» [Байкал..., 2009], «Солоноватые и солёные озера Забайкалья: гидрохимия, биология» [Солоноватые..., 2009], «Телецкое озеро: очерки истории» [Селегей, 2011], «Телецкое озеро: научно-информационное издание» [Телецкое..., 2012], «Ивано-Арахлейские озёра на рубеже веков» [Ивано-Арахлейские..., 2013], «Озеро Котокельское: природные условия, биота, экология» [Озеро..., 2013], «Обзор экологического состояния озера Чаны» [Обзор..., 2015] и многие другие.

Высокой лимнологической изученностью характеризуется и целый ряд озёр Камчатки и Сахалина, что, прежде всего, связано с их богатейшими рыбными ресурсами. С 1930-х годов были начаты регулярные исследования на таких крупнейших озёрах Камчатского полуострова, как Курильское, Кроноцкое, Нерпичье и Ажабачье. С середины XX века проводятся стационарные наблюдения на Паратунских озёрах. Кроме регулярных исследований постоянные рыбохозяйственные наблюдения проводятся на оз. Карымское, Начикинское, озере-водохранилище Толмачёва и ещё целом ряде «нерковых» озёр меньшего размера. Активно изучаются прибрежные водоёмы о-ва Сахалин. В основу оценки качества вод, содержащихся в озёрах Дальневосточного региона прежде всего положены сведения, опубликованные в сборниках и монографиях «Зоопланктон озера Эворон и некоторых водоёмов его придаточной системы» [Волков, 1961], «Гидрологический режим озера Ханка» [Васьковский, 1978], «Водные биологические ресурсы северных Курильских островов» [Гриценко и др., 2000], «Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях» [Биология..., 2002-2006], «Зоопланктон озёр Камчатки» [Куренков, 2005], «Нагульно-нерестовые озёра азиатской нерки» [Бугаев, Кириченко, 2008], «Органическое вещество поверхностных вод бассейна Среднего и Нижнего Амура» [Левшина, 2010], а также данные многочисленных статей по озёрам Дальнего Востока.

На значительных пространствах севера азиатской части России лимнологическая изученность до настоящего времени крайне низкая. Среди крупных озёр Арктики и Субарктики комплексные лимнологические экспедиции работали лишь на озёрах Таймыр, Эльгыгыдгын, на ряде крупнейших озёр плато Путорана, а также на озёрах Лабынкыр и Ниджили. Но даже эти озёра изучались лишь эпизодически. Данные исследований по озёрам севера азиатской части России опирались прежде всего на разрозненные научные статьи, а также на материалы сборников и монографий – «Планктон бассейна реки Яны» [Комаренко, 1968], «Гидрохимия рек и озёр в условиях резко континентального климата» [Гидрохимия..., 1977], «История больших озёр Центральной Субарктики» [История..., 1981], «Озёра Северо-Запада Сибирской платформы» [Озера..., 1981], «География озёр Таймыра» [География..., 1985], «Эволюция аласов Центральной Якутии» [Босиков, 1991], «Мониторинг биоты полуострова Ямал в связи с развитием

объектов добычи и транспорта газа» [Мониторинг..., 1997], «Ретроспектива ихтиологических и биологических исследований на Ямале» [Богданов и др., 2000], «Биоресурсы водных экосистем Полярного Урала» [Биоресурсы..., 2004], «Аласные экосистемы: структура, функционирование, динамика» [Саввинов и др., 2005], «Биоразнообразие экосистем Полярного Урала» [Биоразнообразие..., 2007], «Биоразнообразие экосистем плато Путорана и сопредельных территорий» [Биоразнообразие..., 2007], «Диатомовые комплексы озёр Якутии» [Пестрякова, 2008].

5.2 Основные экологические проблемы озёрных экосистем

«Каждое озеро представляет собой сложную экосистему, сформировавшуюся в тот или иной геологический момент времени при определённом наборе внешних факторов. Сложившаяся озёрная экосистема характеризуется набором внутренних свойств и характеристик, баланс которых в значительной мере определяется внешним воздействием и его стабильностью» [Румянцев и др., 2014]. При резком нарушении баланса восстановление такой экосистемы является сложной задачей, что в значительной мере обуславливается её замедленным водообменом. Антропогенная деятельность всегда в той или иной мере влияла на озёрные экосистемы. Однако, существенные изменения целого ряда озёрных экосистем России стали проявляться в первой половине XX века. А к 1960-70-е гг. резко ухудшилось качество воды и крупнейших глубководных озёр.

К основным последствиям антропогенной активности применительно к озёрным экосистемам относятся процессы эвтрофирования, заиления, токсического загрязнения и acidификации [Румянцев и др., 2011]. Под *эвтрофированием* подразумевается процесс повышения уровня трофии, то есть первичной продукции или новообразования органического вещества в водоёме при обогащении его биогенными элементами. Если это обогащение происходит в результате комплекса природных причин, то процесс называется естественным эвтрофированием, если же преимущественно за счёт антропогенных факторов – антропогенным, скорость последнего чаще всего намного выше, чем естественного. *Заиление* – это процесс отложения приносимых с поверхностным стоком наносов на дне водоёмов, сопровождающийся медленным заполнением озёрной чаши. Также, как и эвтрофирование, процесс заиления имеет естественную природу, однако за счёт хозяйственной активности на водосборе значительно ускоряется. *Acidификацией* называется процесс увеличения кислотности природных вод, который наряду с естественными причинами, может происходить за счёт антропогенного фактора. В отличие от эвтрофирования,

заиления и ацидификации, процесс *токсического загрязнения* водоёмов является почти исключительно результатом антропогенной деятельности.

Процессы эвтрофирования и заиления характерны для огромного числа озёрных экосистем. Они происходят в результате накопления на дне водоёмов осадков, имеющих как автохтонное, так и аллохтонное происхождение. С этими процессами связано понятие «старения озёр» – естественный процесс деградации, последовательно включающий обмеление и зарастание водоёма, сопровождающееся уменьшением площади водного зеркала. Согласно концепции «старения» озёрные экосистемы в своём развитии проходят несколько стадий от олиготрофного водоёма к мезотрофному, затем к эвтрофному, и, наконец, гипертрофному. Прежде всего, понятие «старения» применяется к небольшим водоёмам, однако в той или иной степени его можно применить и к крупнейшим озёрам или их частям. Что касается заиления водоёмов (седиментации), то в естественных условиях его скорость зависит от величины поступления вещества и от способности самого водоёма к его удержанию, а также от местных климатических условий, особенно от температуры и осадков. Горный рельеф, обилие осадков, мягкие, легко размываемые почвы способствуют значительной эрозии и поверхностному смыву, резко увеличивающимися по мере сведения лесов и их замещения сельскохозяйственными землями. В естественных условиях наибольшие скорости заиления наблюдаются в южных регионах РФ. Естественный процесс эвтрофирования и заиления водоёмов значительно ускоряется за счёт хозяйственной активности на водосборе, причём при высокой степени антропогенного воздействия темпы деградации некоторых водоёмов становятся катастрофическими. Донные отложения часто являются конечным звеном смыва вещества с водосборной территории, так что их состав отражает геохимические особенности конкретных ландшафтов с учётом всех происходящих с ними изменений. Избыточное поступление биогенных элементов с водосбора, а также их вторичное поступление из донных отложений нарушают сбалансированность озёрной экосистемы, и в первую очередь, баланс между продукцией и деструкцией органического вещества в пользу продукции, что приводит к чрезмерному накоплению органического вещества в водоёме.

Заиление и эвтрофирование водоёмов сопровождается увеличением численности планктонных водорослей, активизацией их фотосинтетической деятельности, усилением «цветения» воды, уменьшением её прозрачности, нарушением кислородного режима, проявляющемся в его дефиците, а затем и полном исчезновении кислорода у дна. При антропогенном эвтрофировании экосистемы водоёмов развиваются в сторону более низкого видового разнообразия и перехода к иным доминантным группам [Алёкин и др., 1983]. Наиболее быстро процессы антропогенного эвтрофирования происходят в мелководных водоёмах. В больших глубоководных озёрах, содержащих огромные массы воды, процессы эвтрофирования проявляются преимущественно локально, затрагивая в основном мелководную зону [Румянцев и др., 2014].

Одним из самых опасных проявлений антропогенного воздействия на озёра и водные экосистемы, приводящим к отравлению водной среды и её обитателей, является *токсическое загрязнение*. В силу особенностей подстилающих пород ряд токсичных элементов может встречаться и в природных водах, однако масштабного характера токсическое загрязнение водоёмов достигло только с активным развитием промышленности. Токсиканты поступают в водоёмы со сточными водами и атмосферными осадками. Природные воды или не содержат токсических веществ вообще, или их количество не превышает концентрацию, опасную для существования гидробионтов.

Бурное развитие промышленности, имевшее место с конца XIX, начала XX века, привело к загрязнению природных вод целым комплексом токсикантов различной природы. Наряду с токсическими веществами естественного происхождения, такими как тяжёлые и цветные металлы, благодаря успехам химии в водные объекты поступило большое количество синтезированных ксенобиотиков (нефтепродуктов, пластмасс, полициклических и галогенированных ароматических углеводородов, пестицидов, синтетических поверхностно-активных веществ и др.). Несмотря на то, что далеко не все ксенобиотики являются ядовитыми или токсичными, в силу своей чужеродной природы они способны вызвать нарушение биологических процессов или, вследствие биотрансформации, образовывать токсичные метаболиты. «Загрязнённая токсикантами вода превращается из среды жизнеобеспечивающей в среду агрессивную и враждебную для нормального развития гидробионтов, в которой изменяются процессы формирования состава и структуры биоценозов, а также динамика популяций отдельных видов» [Реки и озёра..., 2012].

Ещё одно последствие антропогенной активности – *ацидификация* – представляет собой увеличение кислотности природных вод вследствие применения физиологически кислых минеральных удобрений и выпадения кислых осадков. В отличие от процессов эвтрофирования, заиления и токсического загрязнения, процессы антропогенного закисления водоёмов имеют чёткую географическую привязанность. Фоновые значения pH в природных водах чаще всего определяются литологическим составом подстилающих пород и их устойчивостью к процессам выщелачивания. Также на значения pH влияют ландшафтно-географические и климатические условия. В регионах, где хорошо развит осадочный чехол, и подстилающие геологические породы представлены щелочными минералами, большинство водоёмов имеет нейтральную реакцию и значительную буферную способность [Моисеенко и др., 2003]. Водоёмы с пониженными значениями pH встречаются обычно в местах близкого залегания и выхода кристаллического фундамента, где широко представлены кислые геологические породы (в основном гранито-гнейсы). Низкие значения pH характерны и для болотных массивов, где источниками дополнительных ионов водорода выступают органические кислоты. Такие территории наиболее под-

вержены процессу искусственного закисления вод, происходящему в связи с выпадением так называемых «кислых дождей». В Российской Федерации наблюдается повышение буферной способности водоёмов, связанное с ростом содержания в воде основных катионов, по мере продвижения с севера на юг по равнинным территориям [Моисеенко и др., 2003].

От величины рН зависят процессы превращения различных форм биогенных элементов и, соответственно, развитие и жизнедеятельность водных организмов. В зависимости от соотношения ионов водорода $[H^+]$ и гидроксид-ионов $[OH^-]$ изменяется скорость протекания химических реакций, устойчивость различных форм миграции элементов, степень коррозионной агрессивности воды. В кислой среде увеличиваются концентрации и подвижность ионов токсичных металлов. Уменьшение содержания CO_2 в природных водах может происходить благодаря выведению углекислоты в атмосферу, растворению карбонатных пород с образованием бикарбонатов или в результате фотосинтеза. Снижение рН среды приводит к утечке ионов, способствующей нарушению ионной и осмотической регуляции гидробионтов, прежде всего рыб [Моисеенко и др., 2003]. Изменяется видовой состав и количественные показатели биологических сообществ, соотношение между отдельными таксономическими группами, структура популяций, и, наконец, биоценоз в целом.

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

Ретроспективный обзор научной литературы, посвящённой различным аспектам наблюдений за водоёмами России, свидетельствует, что изменения количественных и качественных характеристик озёрного фонда постепенно происходили по мере роста населённых пунктов, а также развития сельского хозяйства и промышленного производства. Уже в XXVI веке в центральных и южных районах европейской части страны с целью водоснабжения, орошения, а также рыбоводства, разведения водоплавающей птицы, санитарных и противопожарных нужд велось строительство небольших прудов. На рубеже XXVII и XXVIII веков на Урале, в Карелии и в Центральном районе России стали появляться первые водохранилища (Невьянское, Алапаевское, Лососёвское, Машезерское). В течение XVIII и XIX вв. водохранилища продолжали активно создаваться с целью сезонного регулирования речного стока при горнорудных предприятиях, металлообрабатывающих, лесопильных заводах и прядильно-ткацких фабриках. Строительство искусственных водоёмов приводило к постепенному изменению естественного режима рек России и затрагивало озёра, вовлечённые во вновь создаваемые водохозяйственные си-

стемы. В ряде случаев озёра, наряду с искусственно созданными водохранилищами, входили в системы водных путей (водохранилища Вышневолоцкой водной системы), создаваемых с целью улучшения транспортной системы Российского государства. Наряду с гидростроительством, на характеристиках озёрного фонда отражалось и развитие сельского хозяйства и промышленности. Если сельское хозяйство начало постепенно сказываться на качестве озёрных вод уже в средние века, то влияние растущего промышленного производства значительно проявилось лишь к XVIII веку. Масштабные негативные изменения качества воды ряда озёр России, расположенных близ центров развития промышленности, отмечались уже во второй половине XIX – начале XX веков.

Крупное гидротехническое строительство, приводящее к значительным изменениям озёрного фонда, было развёрнуто в стране лишь в первой половине XX века. В первую очередь, в 1930-40-е годы началось освоение богатейших гидроэнергетических ресурсов Карелии (Пальеозерское, Выгозерское, озеро-водохранилище Санда), а также Кольского полуострова (Пиренгское, Имандровское), на котором строились крупнейшие, требовательные к энергии, предприятия добывающей промышленности. Примерно в это же время начали формироваться сложные системы водохранилищ для энергоснабжения городов центра европейской части России и водоснабжения Москвы (Нижне-Свирское, Иваньковское, Угличское, Рыбинское и др.). С конца 1930-х гг. для расширения площадей сельскохозяйственного освоения появились первые крупнейшие водохранилища на юге ЕЧР (Пролетарское, Веселовское).

Наиболее интенсивно создание и заполнение водохранилищ происходило в послевоенный период. В 1950-е гг. продолжилось освоение гидроресурсов Карелии (Кумское, Сегозерское, Онежское, Тикшезерское, Ондозерское, Ковдозерское, Иовское) и Кольского п-ова (Князегубское), было развёрнуто сооружение каскадов водохранилищ на Волге (Куйбышевское, Горьковское, Волгоградское) и Каме (Камское, Воткинское). Крупные водохранилища были сооружены на Свири (Верхнесвирское), Доне (Цимлянское), Уфе (Павловское), Урале (Ириклинское) и других больших реках ЕЧР. Появились первые крупнейшие водохранилища в Сибири (Новосибирское, Иркутское, Братское). Как видно из рисунка 5.1 наибольшее приращение объёма вод, заключённых в искусственные резервуары, происходило с 1950-х по 1980-е гг.

Наряду с крупными водохранилищами на протяжении XX в. было построено огромное число малых, а также прудов сельскохозяйственного и рыбоводного назначения. В настоящее время в пределах Российской Федерации насчитывается более 2.2 тысяч водохранилищ, объёмом, превышающим 1 млн. м³. Крупнейшие водохранилища обычно имеют комплексное использование, наряду с интересами энергетики они обслуживают нужды коммунально-бытового, промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения, водного транспорта и рыбного хозяйства, используются в рекреационных целях и для борьбы с наводнениями. В отличие от

крупнейших, малые водохранилища чаще всего создаются для решения лишь одной или двух из указанных выше задач.

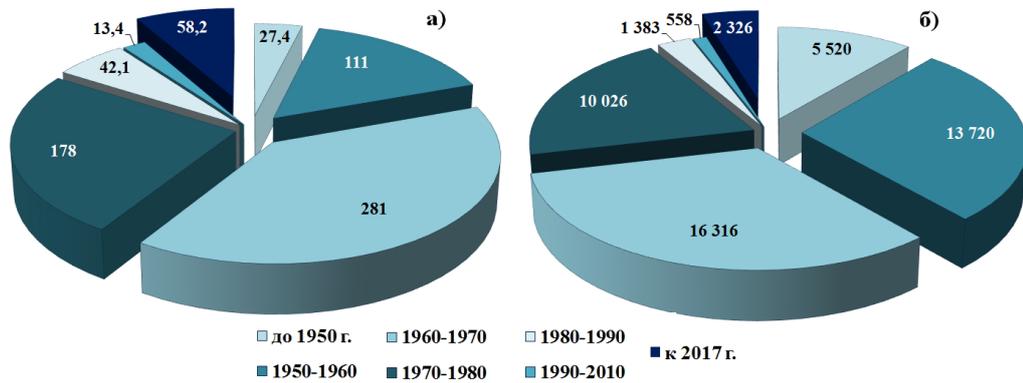


Рисунок 5.1. Увеличение объёмов воды, км³ (а) и площадей водной поверхности, км² (б) крупнейших водохранилищ РФ, по десятилетиям.

Создание водохранилищ привело к значимому приращению площадей водной поверхности. Согласно проведённой оценке, к настоящему времени в пределах Российской Федерации суммарная площадь водной поверхности водохранилищ, прудов, обводнённых карьеров и других водоёмов антропогенного генезиса составляет ~65 000 км² или ~20% от суммарной площади всех естественных водоёмов (~335 000 км²). Как результат, средняя озёрность по стране с начала XX в. до настоящего времени была поднята более чем на 0.35% [Измайлова, 2018 (в)]. Строительство искусственных водоёмов позволило увеличить с начала XX в. суммарный запас легкодоступных для использования вод Российской Федерации на 890 км³. Были существенно повышены водозапасы наиболее требовательных к воде регионов. Так, в начале XX в. 99% озёрных вод ЕЧР приходилось на водоёмы Севера и Северо-Запада [Измайлова, 2015 (в)], в результате гидростроительства к настоящему времени суммарная доля центральной и южной частей ЕЧР повысилась с 1% до 15% от общего объёма вод (озера + водохранилища). Объём пресных вод Центрального, Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов возрос на 220 км³, то есть в 22 раза (рисунок 5.2).

В настоящее время в пределах ЕЧР количество водоёмов, возникших за счёт антропогенной деятельности, составляет около 90 000. В большинстве своём это пруды, заполненные водой карьеры, остаточные водоёмы на месте торфоразработок. Наибольшее число искусственных водоёмов находится на юге ЕЧР, где в интересах сельского хозяйства (ирригация, водопой скота) созданы пруды или небольшие водохранилища, каскадами спускающиеся по большинству протекающих здесь водотоков. Много небольших искусственных водоёмов и в центре ЕЧР. По мере продвижения на север доля водоёмов, созданных в интересах водоснабжения и

ирригации, снижается, и возрастает процент остаточных водоёмов на месте проводившихся торфоразработок.

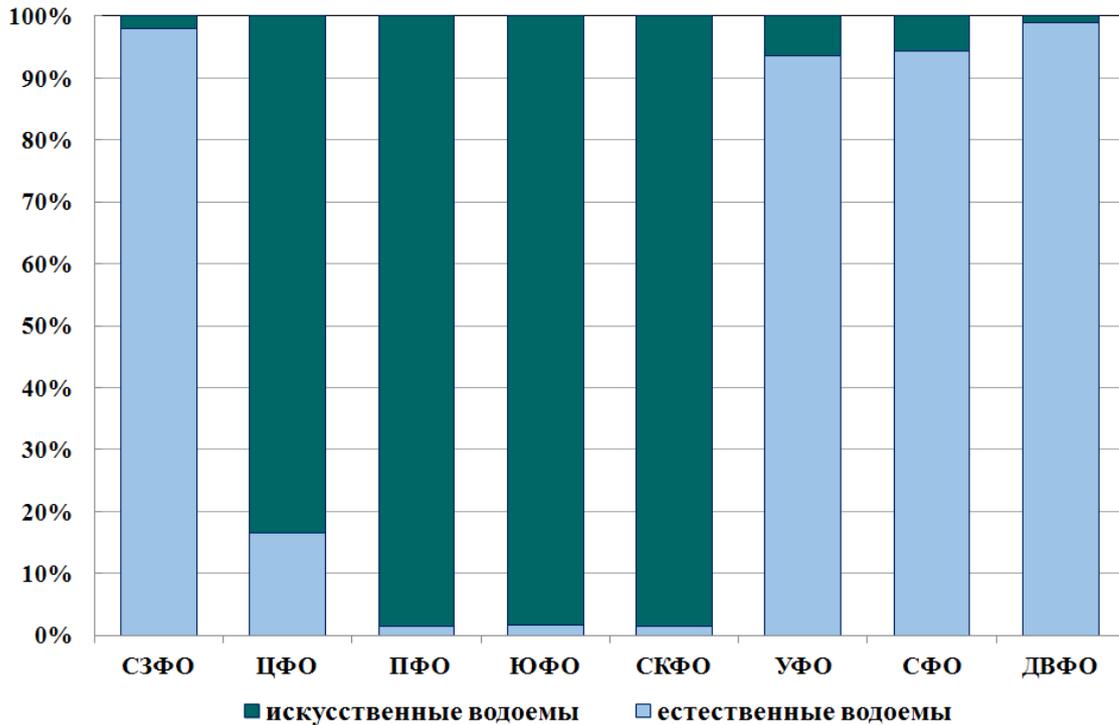


Рисунок 5.2. Доля вод, содержащихся в естественных и искусственных водоёмах, по федеральным округам РФ.

Среди искусственных водоёмов ЕЧР в количественном отношении преобладают пруды и малые водохранилища, однако суммарный запас заключённой в них воды невелик. Основной запас воды сконцентрирован в небольшом числе крупнейших водохранилищ (объёмом > 1 км³), среди которых – водохранилища Волжско-Камского каскада (Куйбышевское, Волгоградское, Рыбинское, Саратовское, Камское, Воткинское, Горьковское, Чебоксарское, Нижнекамское, Павловское, Угличское, Ивановское), юга ЕЧР (Цимлянское, Чиркейское, Краснодарское, Пролетарское, Веселовское), и северо-запада России (Верхнесвирское, Верхнетуломское, Имандровское, Кумское, Череповецкое, Выгозерское, Кайтакоски, Сегозерское, Княжегубское, Пиренгское, Серебрянское. Иовское, Кубенское, Пальеозерское).

В азиатской части России общее количество искусственных водоёмов на порядок меньше, чем в европейской части, однако, за счёт наличия здесь нескольких крупнейших водохранилищ страны, суммарный запас содержащихся в них вод в 2.5 раза выше. Если в пределах ЕЧР полезный объём более 50 км³ имеет лишь Куйбышевское водохранилище, то в пределах АЧР таких водохранилищ 5 (Братское, Красноярское, Зейское, Усть-Илимское, Богучанское). При этом, несмотря на то, что наибольший объём вод, заключён в искусственные резервуары Сибирского ФО (488 км³), они несопоставимо меньше (рисунок 5.2) объёма вод, содержащихся в оз. Байкал.

На первую половину XX века приходится и начало широкомасштабного загрязнения водоёмов России, уже не локализованного, а охватывающего значительные территории. Толчком к нему послужил начавшийся в СССР процесс форсированного наращивания промышленного потенциала, сопровождавшийся строительством предприятий-гигантов в различных частях страны. При этом делался особый акцент на развитие тяжёлой промышленности, требующей расширения базы минерального сырья. С конца 1920-х годов были начаты работы по освоению рудных месторождений Кольского полуострова. В 1930 г. происходит сооружение апатито-нефелиновой обогатительной фабрики в Хибинах, на берегу оз. Большой Вудъявр. В 1935 г. развернулось строительство медно-никелевого предприятия на берегу оз. Имандра (губа Монче). В 1946 г. на месте открытого в 1921 г. Печенегского рудного месторождения образовывается комбинат «Печенганикель» с горнорудным и металлургическим производством. В конце 1940-х годов начата добыча лопарита на рудниках Ловозерского месторождения редкоземельных металлов. В 1935 г. было принято решение о постройке на севере Восточной Сибири рудников и обогатительной фабрики для разработки Норильского медно-никелевого месторождения, и к 1939 г. на открывшемся комбинате был получен первый медно-никелевый штейн. В этот же период происходит активное создание промышленных гигантов на Среднем Урале. Как результат, уже к 1940-м годам значительное загрязнение начали испытывать на себе такие достаточно крупные водоёмы, расположенные в регионах активной разработки месторождений полезных ископаемых, как оз. Имандра и Бол. Вудъявр и целый ряд находящихся вблизи них малых и средних озёр Кольского полуострова, многие озёра Урала, включая относительно крупные водоёмы близ Челябинска, оз. Пясино и ряд малых озёр полуострова Таймыр, расположенных в зоне воздействия Норильского комбината, а также огромное число небольших озёр в центре и на юге ЕЧР.

К промышленному загрязнению водоёмов добавилось и существенное увеличение скоростей их эвтрофирования, связанное в том числе с интенсификацией сельскохозяйственного производства, и прежде всего с применением процессов мелиорации земель и химизации. Первые признаки эвтрофирования водоёмов появились ещё в начале XX века [Россолимо, 1977]. Однако серьёзное внимание исследованиям этого процесса стало уделяться лишь в середине XX столетия [Даценко, 2007]. Мелиорация земель нарушила естественный дренаж, отразившись на изменении водного баланса водоёмов. Чрезмерная распашка на водосборах привела к усилению эрозионных процессов, привнося в озёра большое количество взвешенных веществ и органики. Наиболее негативный эффект на озёрные системы имела химизация сельского хозяйства, включающая активное применение минеральных удобрений для повышения урожайности, а также использование пестицидов и гербицидов для борьбы с вредителями и сорняками. Со стоками с сельскохозяйственных земель они массово стали поступать в водоёмы, приводя к

нарушению их химического баланса, резкому росту содержания биогенных веществ и токсическому загрязнению. Кроме того, поступление в водоёмы фосфора резко усилилось из-за широкого использования фосфоросодержащих веществ в коммунальном хозяйстве

Загрязнение промышленными стоками происходило, прежде всего, в регионах активного развития производства, привязанных к центрам добычи полезных ископаемых или крупным промышленно-городским агломерациям. Изначально оно затрагивало единичные водоёмы, находящиеся в непосредственной близости к промышленным центрам, однако со временем за счёт водного и атмосферного переноса распространялось на более широкие территории. С ростом промышленности масштаб загрязнения увеличивался. Загрязнение сельскохозяйственными стоками, напротив, изначально носило площадной характер и затрагивало все водоёмы, расположенные в районах активного сельскохозяйственного освоения [Измайлова, 2016 (д)]. При этом быстрее всего страдали небольшие мелководные озёра, в которых происходила перестройка их гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов. По мере нарастания антропогенного воздействия, наряду с небольшими водоёмами существенные изменения экологического состояния стали проявляться и на крупнейших озёрах страны.

На основе анализа многочисленной лимнической литературы, поведённого при подготовке серии монографий по озёрам России, была выполнена ретроспективная оценка изменения качества вод, происходившего в крупнейших водоёмах России. Подробное описание современного экологического состояния озёр России и происходивших с ними изменений за период, прошедший с начала лимнологических исследований, приводится в монографиях «Озёра европейской части России» и «Озёра азиатской части России» [Румянцев и др., 2015, 2017]. В данной части диссертации рассматриваются лишь итоговые оценки произошедших за последнее столетие изменений озёрных вод страны, содержащихся в крупнейших пресноводных озёрах. Некоторые из приведённых оценок были ранее опубликованы в рецензируемых журналах [Измайлова и др., 2017, Драбкова, Измайлова, 2014, Румянцев и др., 2014, 2018] и представлены на конференциях [Измайлова, 2015 (г), 2016 (г, д), Измайлова, Драбкова, 2015 (а, б)].

Крупнейшие озёра, с одной стороны, концентрируют основной объём водных ресурсов, а с другой – они всегда являлись объектом пристального внимания, что упрощает задачу сбора необходимых ретроспективных сведений по их экологическому состоянию. Несмотря на то, что крупнейшие озёра в силу своей повышенной буферности, медленнее реагируют на антропогенное воздействие, на их примере интересно отследить основные этапы снижения качества озёрных вод.

Согласно классификации П.В. Иванова [Иванов, 1948], крупнейшими озёрами называют водоёмы с площадью зеркала превышающей 1000 км². Однако, поскольку в России всего 9 пресноводных озёр такого размера и, в то же время, в 6 следующих по площади пресноводных

озёрах (от 500 до 1000 км²) содержится больше пресных вод, чем в категории водоёмов с площадями зеркала от 1000 до 5000 км² (рисунок 5.3), к крупнейшим озёрам России имеет смысл относить все водоёмы, превышающие по размеру зеркала 500 км² [Драбкова, Измайлова, 2014]. Таким образом, на территории РФ находится 15 наиболее крупных пресноводных озёр, в которых сосредоточено 24 930 км³ воды или около 96% от суммарного запаса вод, содержащихся во всех естественных водоёмах России. Объёмы воды, содержащейся в крупнейших пресноводных озёрах России, приведены в таблице 5.1.

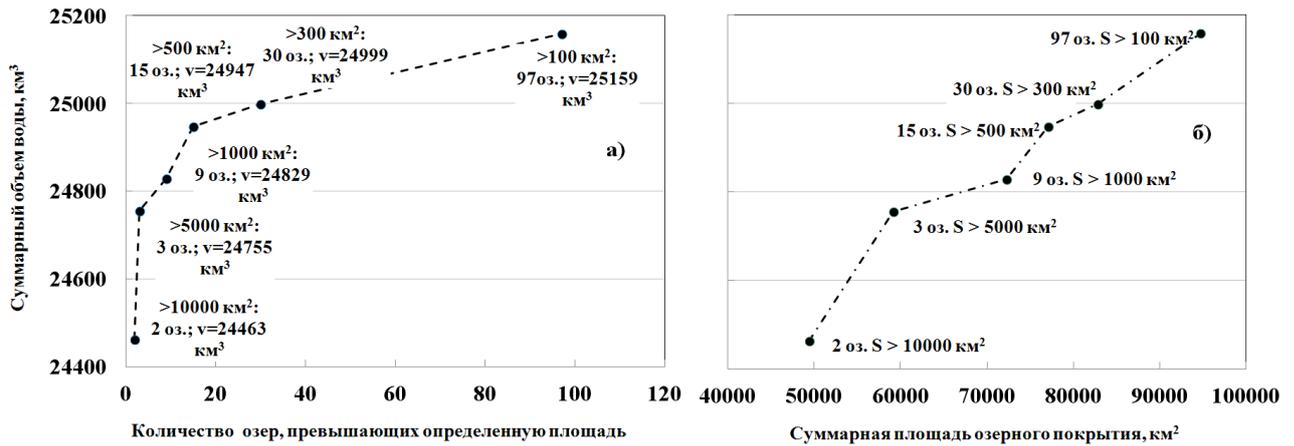


Рисунок 5.3. Рост суммарного объёма озёр по категориям крупности.

Таблица 5.1. Крупнейшие пресноводные озёра Российской Федерации

Озеро	Объём вод	Озеро	Объём вод	Озеро	Объём вод
Байкал	23615	Топозеро	14.8	Имандра	10.9
Ладога	848	Таймыр	13.0	Выгозеро	9.3
Онега	292	Чудско-Псковское*	12.6	Белое	5.3
Хантайское	60.8	Ханка*	12.5	Ильмень	3.0
Сег-озеро	17.5	Пя-озеро	11.7	Пясино	3.0

*- Приводится объём вод в пределах Российской части акватории

Как уже указывалось, среди важнейших негативных процессов, происходящих в озёрах в связи с человеческой активностью – антропогенное эвтрофирование, токсическое загрязнение, заиление и закисление. На экологическом состоянии крупнейших водоёмов, характеризующихся повышенной буферной способностью и обладающих значительной ёмкостью, прежде всего, сказываются эвтрофирование и токсическое загрязнения, тогда как для малых, средних, а также крупных мелководных озёр одинаково опасны все процессы [Измайлова и др., 2017, Румянцев и др., 2018].

Результаты ретроспективной оценки изменения качества вод в крупнейших пресноводных озёрах России представлены на рисунках 5.4 и 5.5. Анализ динамики изменения экологического состояния вод производился на уровень до начала существенного антропогенного влияния на водоёмы (условия, наблюдавшиеся в начале XX века) и с 1950 по 2010 гг. через каждое десятилетие. При этом рассматривались изменения трофического статуса озёрных вод (рисунок 5.4) и их токсической загрязнённости (рисунок 5.5). В основу проведённой оценки, наряду с литературными данными освещёнными в разделе 5.1, были положены справочные данные по качеству воды крупнейших пресноводных озёр РФ, а также данные ежегодных Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации». Сведения об экологических показателях, характеризующих динамику изменения качества озёрных вод крупнейших водоёмов страны, собирались на протяжении пятнадцатилетнего периода и вошли в базу данных по озёрам России [Румянцев и др., 2009, Измайлова, Ульянова, 2014], созданную автором диссертации. Небольшая часть этих сведений находится в открытом доступе на сайте ИНОЗ РАН. В таблице 5.2 приведены данные о доступности информации по крупнейшим пресноводным озёрам России.

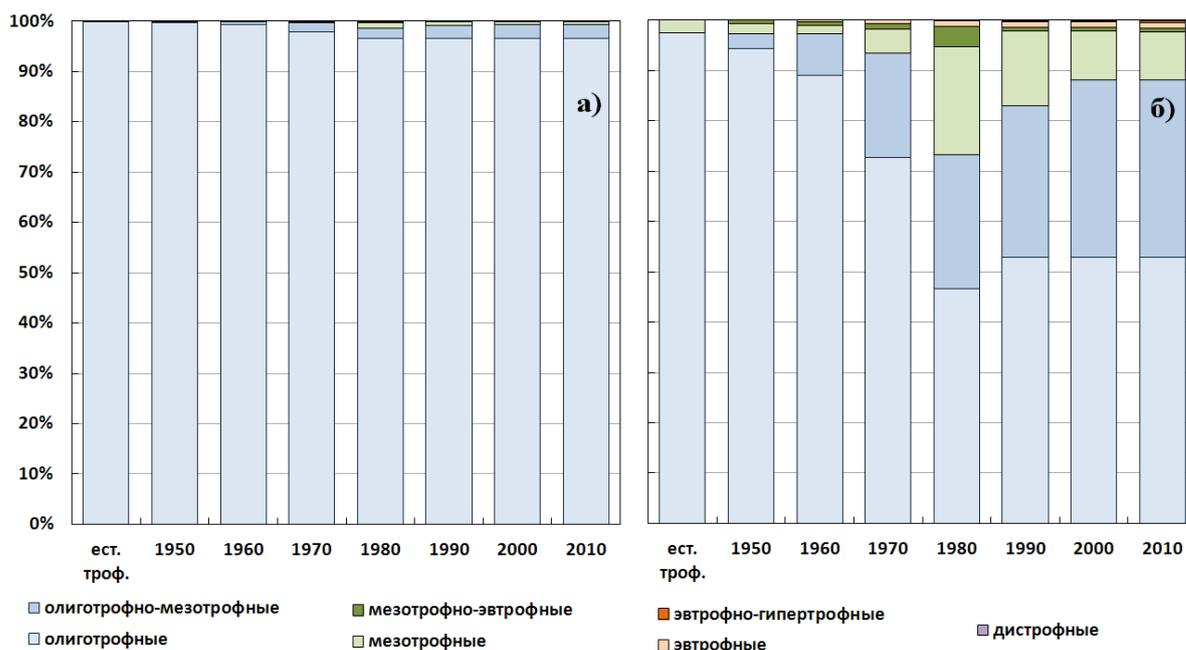


Рисунок 5.4. Динамика изменения трофического статуса водных масс крупнейших пресноводных озёр РФ: (а) – все крупнейшие озёра, (б) – крупнейшие озёра за исключением оз. Байкал.

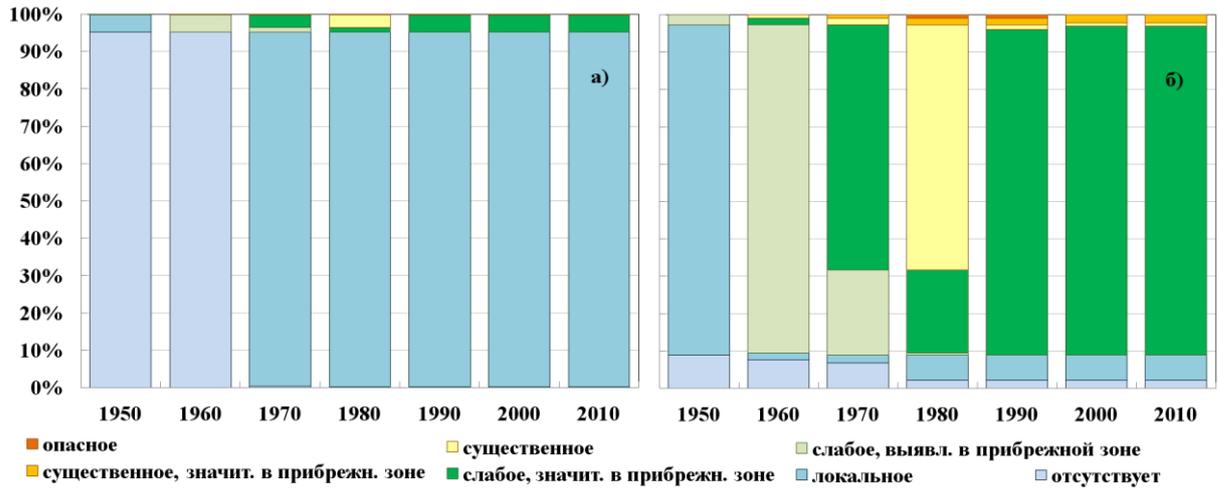


Рисунок 5.5. Изменение токсической загрязнённости водных масс крупнейших пресноводных озёр РФ в динамике за 1950-2010 гг.: (а) – все крупнейшие озёра, (б) – крупнейшие озёра за исключением оз. Байкал.

Таблица 5.2. Сводная таблица о доступности различной информации по крупнейшим пресноводным озёрам России, включённых в анализ

Озёра, расположенные:	В пределах ЕЧР	В пределах АЧР	Всего
Количество водоёмов	10	5	15
Суммарный объём вод, км ³	1314	23704	25019
% озёр, оценка трофического статуса которых приводится в научной литературе	100	100	100
% озёр, по которым доступны регулярные данные по показателям, характеризующим биогенную нагрузку	50	40	47
% озёр, по которым доступны единичные данные по показателям, характеризующим биогенную нагрузку	100	100	100
% озёр, характеризующихся значимыми изменениями трофического уровня по акватории	50	40	47
% озёр, по которым доступны современные данные по классу качества воды	100	100	100
% озёр, по которым доступны ретроспективные данные по параметрам, характеризующим уровень загрязнённости	60	40	53
% озёр, по которым доступны единичные данные по параметрам, характеризующим уровень загрязнённости	100	100	100

При определении статуса трофности каждого водоёма чаще всего использовались оценки, приведённые в литературе, однако периодически возникала необходимость учесть изменения экологического статуса по акватории и с глубиной. При этом использовались данные по морфометрии водоёма, батиметрические карты, учитывалось размещение основных источников загрязнения вдоль береговой линии [Izmailova, Rumyantsev, 2016]. Ориентируясь на данные даже единичных измерений концентрации биогенных веществ и оценки первичной продукции в раз-

ные годы, были произведены ретроспективные оценки трофности для тех озёр, комплексное изучение которых началось лишь во второй половине XX века.

В связи с тем, что границы между различными категориями трофности часто оказываются размытыми, и разные части озера могут характеризоваться различным уровнем трофности по разным показателям, для анализа изменений трофического статуса крупнейших озёр была использована шкала, включающая наряду с категориями олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные и гипертрофные воды также переходные категории – олиготрофно-мезотрофные и мезотрофно-эвтрофные. В то же время для учёта динамики токсической загрязнённости была выбрана не общепринятая шкала, основанная на оценке удельного комбинаторного индекса загрязнённости вод (УКИЗВ), а шкала, ориентированная на учёт изменений уровня загрязнения по акватории озера [Драбкова, Измайлова, 2014]. Это связано с недостаточностью данных, характеризующих значительную вариабельность загрязнения по акватории крупных водоёмов.

В силу того, что имеющихся данных измерений по акватории крупнейших озёр чаще всего недостаточно для точных оценок объёмов вод различной степени загрязнённости, приводимые суммарные оценки экологического статуса водных масс носят ориентировочный характер, однако дают наглядное представление о произошедших за полстолетия изменениях качества водных масс, содержащихся в крупнейших озёрах.

Согласно проведённой оценке, с начала XX в. по настоящее время доля олиготрофных вод в крупнейших пресноводных озёрах снизилась более чем на 4 процента. В естественном состоянии олиготрофные воды составляли 99.9%, а мезотрофные – 0.1%, в настоящее время на долю олиготрофно-мезотрофных и мезотрофных вод приходится 3.4%, мезотрофно-эвтрофных и эвтрофных – 0.08%, эвтрофно-гипертрофных – 0.05% и дистрофных – 0.01% от общего объёма вод, содержащихся в крупнейших озёрах [Измайлова, 2015 (г)]. Поскольку основная масса озёрной воды РФ содержится в оз. Байкал, сохранившим свой олиготрофный статус почти по всей акватории [Государственный..., 2014], на рисунке 5.2-б для наглядности приводится изменение трофического статуса водных масс крупнейших озёр РФ без учёта байкальской воды.

Процесс изменения трофического статуса крупнейших пресноводных озёр РФ начал происходить уже с середины XX в., однако, стал наиболее заметным к 1970-х годам. К началу 1980-х, благодаря резкому повышению в воде концентрации фосфора, поступавшего с водосбора, существенно повысился трофический уровень Ладожского озера. Его вода на значительной части акватории достигла мезотрофного, а в прибрежной зоне – эвтрофного уровня. В то же время изменение трофического статуса озера было неустойчивым, и при принятии необходимых мер его возврат к исходному олиготрофному состоянию оставался возможен. Это и произошло к началу 1990-х гг., после принятия ряда природоохранных мер, сопровождавшихся начавшимся в этот период экономическим спадом. Как результат, качество ладожской воды

стало улучшаться, началась постепенная реолиготрофикация водоёма – снижение общей эвтрофированности водных масс, повышение прозрачности вод в прибрежных районах, увеличение содержания в них кислорода [Ладога, 2013]. Однако, из-за высокой инертности водных масс, процесс восстановления озера проходил медленно, периодически сопровождаясь возникновением новых проблем. В Онежском озере процесс антропогенного эвтрофирования прежде всего затрагивал Кондопожскую и Петрозаводскую губу, в тоже время большая часть акватории озера продолжала оставаться олиготрофной [Онежское..., 1999]. После 1990 г. началось снижение биогенной нагрузки на губы, однако до настоящего времени они продолжают оставаться мезотрофными.

Повышение трофического статуса имело место и практически на всех крупнейших мелководных озёрах, в 1950-х годах характеризовавшихся как мезотрофные. К 1970-80-м годам мезотрофно-эвтрофного уровня достигли озёра Ханка, Ильмень и Белое. Значительное ухудшение экологического состояния наблюдалось на Псковско-Чудском озере, часть которого – Чудское оз. к 1980-м годам перешло от мезотрофного к эвтрофному уровню, а оз. Псковское, по ряду оценок, от эвтрофного к гипертрофному [Noges et al., 2003]. На 1980-90 гг. приходится и катастрофическое ухудшение качества воды оз. Пясино, которое, в связи со сбросом в него части сточных вод горно-металлургического производства и других стоков г. Норильска, перешло в дистрофное состояние.

Значительные изменения произошли и в уровне токсической загрязнённости крупнейших пресноводных озёр. Ещё в начале XX века фактически во всех крупнейших озёрах РФ вода характеризовалась как очень чистая. В середине XX века наряду с оз. Байкал токсическое загрязнение фактически отсутствовало в водах оз. Таймыр, Хантайского, Топозере, Сегозере и Пяозере. Более загрязнёнными в это время являлись мелководные водоёмы, а также часть оз. Имандра, в которое стоки предприятий горно-обогатительного производства разгружались уже с начала 1930-х годов. Заметное ухудшение качества озёрной воды на большинстве крупных пресноводных озёр России стало выявляться с 1960-х гг., что было связано с ускорившимся ростом промышленного производства по всей территории РСФСР. Загрязнение вод крупнейших озёр токсикантами изначально наблюдалось в прибрежной зоне, но уже в 1970-е гг. оно стало переходить и на часть глубоководной зоны.

К началу 1970-х токсическая загрязнённость части прибрежных вод стала заметной и на оз. Байкал, в которое с 1966 г. наряду со сбросами по р. Селенге стали поступать сточные воды Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, в результате чего начали деградировать прилегающие территории озера [Грачёв, 2002]. В 1980-х гг. существенно ухудшилось качество воды Ладожского озера, токсическая загрязнённость ряда его прибрежных территорий достигла опасных значений [Ладога, 2012]. Однако, в конце 1980-х гг. благодаря принятию ряда приро-

доохранных мер и в связи с начавшимся в это время экономическим спадом, качество ладожской воды стало улучшаться. Уже к началу 1990-х гг. токсическая загрязнённость озёрных вод снизилась до состояния 1970-х годов.

Существенное токсическое загрязнение начиная с 1980-х гг. наблюдалось на мелководных озёрах Ханка и Чудско-Псковском, а также на оз. Имандра, на последнем к 2000-м гг. оно несколько снизилось. На оз. Ханка к началу 1990-х уровень загрязнения поднялся настолько, что, согласно «Экологической программе Приморского края» (1990 г.), Приханкайская низменность была объявлена зоной экологического кризиса [Молокоедова, 2002]. С начала 1990-х гг., в результате экономической стагнации в регионе, связанной с распадом СССР, и уменьшения антропогенного пресса, а также благодаря природно-обусловленному росту водности озера, загрязнение снизилось, и рядом авторов было зафиксировано начало процесса самоочищения озера [Апонасенко и др., 2000]. Однако, на рубеже XX-XXI вв. загрязнение вновь увеличилось, что было обусловлено как некоторым оживлением экономики региона, так и начавшейся фазой низкой водности.

С 1980-х гг. значительное токсическое загрязнение, связанное с активизацией деятельности горно-металлургической компании «Норильский никель», наблюдается на оз. Пясино [Андреев и др., 2003, Иванов, Румянцева, 2011]. В настоящее время озеро почти полностью лишено рыбы, вокруг него исчезли многие виды растений и животных, а его вода имеет зеленовато-серый оттенок. В последние годы «Норильским никелем» была разработана экологическая программа, которая, возможно, как-то повлияет на принятие конкретных мер по улучшению экологической ситуации на оз. Пясино и в окружающем его регионе.

Однако, несмотря на существенную загрязнённость ряда водоёмов или их частей, общая загрязнённость пресных вод, содержащихся в крупнейших озёрах РФ, оставалась и сохраняется относительно невысокой, прежде всего за счёт огромных масс вод, содержащихся в относительно чистых гиполимнионах глубоководных озёр [Измайлова и др., 2017].

Значительно худшее экологическое состояние наблюдается в крупнейших речных водохранилищах России [Измайлова, Дробкова, 2015], при создании которых качество речной воды претерпевало неоднократные изменения. Также, как и в озёрах, во вновь наполненных резервуарах происходят процессы эвтрофирования и токсического загрязнения. Необходимо отметить, что существенный антропогенный прессинг водохранилища испытывают ещё на стадии своего наполнения. Важнейшим фактором при создании водохранилищ является изменение скорости течения, которое значительно снижается по сравнению с тем периодом, когда на месте создаваемого водоёма ещё текла река. С изменением скорости водообмена происходит усиление процессов накопления взвешенных веществ, донных отложений, меняется интенсивность вертикального перемешивания, изменяется прозрачность, гидрохимический и температурный режи-

мы. Затопленные территории, чаще всего представляющие собой богатые органикой луговые или лесные почвы, являются дополнительным источником поступления в воду биогенных веществ, а гниющая древесина становится причиной изменения её газового состава в сторону резкого возрастания содержания углекислого газа и сероводорода и снижения концентрации кислорода. В первые годы после заполнения водохранилищ их гипolimнион может оставаться аноксичен. В нём развиваются заморные явления, особенно опасные в зимний период. Возникшие водохранилища являют собой молодые, неустойчивые водные экосистемы, гидрохимический и гидробиологический режим которых на протяжении многих десятилетий продолжает находиться в процессе становления. Их реакция на антропогенное воздействие обычно бывает более острой, чем у рек и озёр [Драбкова, Измайлова, 2014].

За недлительный период своего существования, большинство крупнейших водохранилищ РФ (наиболее старые из которых были образованы около 75 лет назад) ещё не успев полностью оправиться от первичного стресса, были вынуждены испытывать новые нагрузки, связанные с активным антропогенным развитием в их бассейнах. На рисунке 5.6 представлены гистограммы качества воды крупнейших водохранилищ России (с площадями зеркала более 500 км²). Поскольку крупнейшие водохранилища РФ активно создавались на протяжении всей второй половины XX в., для них не имело смысла оценивать динамику изменения суммарных характеристик, отображающих изменения качества воды, как это было проведено для крупнейших озёр. В этой связи были построены круговые гистограммы, в которых все данные по крупнейшим водохранилищам приведены лишь на уровень 2010 г.

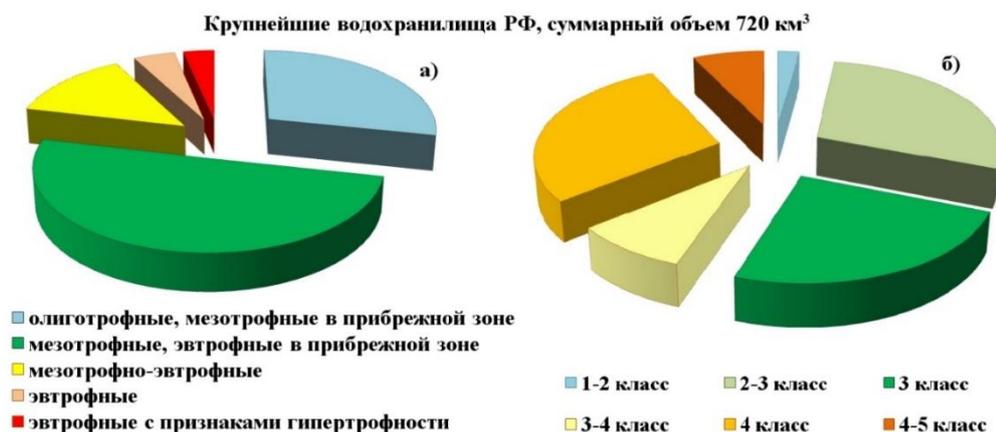


Рисунок 5.6. Доля вод различной степени загрязнённости в суммарном объёме вод крупнейших водохранилищ РФ: (а) – воды различной категории трофности, (б) – различной степени токсической загрязнённости.

Сравнительный анализ качества вод, содержащихся в крупнейших естественных и искусственных водоёмах, свидетельствует, что речные водохранилища значительно уступают крупнейшим озёрам [Измайлова, 2015 (в)]. Из 24 водохранилищ с площадями зеркала более 500 км²

на начало 2010 гг. лишь 8 сохраняли по большей части своей акватории олиготрофный статус и только 5 характеризовались как слабо загрязнённые, причём четыре из них расположены за полярным кругом. Большинство водохранилищ наполняют мезотрофные воды со значительными признаками эвтрофирования. Эвтрофным статусом на большей части акватории характеризуются воды Горьковского, Чебоксарского, Воткинского и Цимлянского водохранилищ. Воды 11 водохранилищ к началу 2010 гг. характеризовались как очень грязные. Необходимо отметить, что переход из одной категории загрязнённости в другую для вод, заключённых в крупнейших водохранилищах, может происходить достаточно быстро, за несколько лет, иногда вариации уровня загрязнённости по целому ряду показателей меняются год от года.

Загрязнённость большинства сибирских водохранилищ фактически на протяжении всего периода их существования была значительно ниже, чем европейских. При заполнении крупных глубоководных верхнеенисейских водохранилищ не произошло характерного для европейских водоёмов «трофического взрыва», проявляющегося в массовом развитии сине-зелёных водорослей [Гольд и др., 2003]. Наряду с географическим положением, определяющим интенсивность процесса цветения воды, важнейшую роль сыграли также интенсивность водообмена и морфология котловин водохранилищ. Из 10 сибирских водохранилищ с суммарным объёмом воды $\sim 500 \text{ км}^3$ на сегодняшний день 6 характеризуются как олиготрофные, мезотрофные в прибрежной зоне. Однако основной объём воды ($\sim 310 \text{ км}^3$) содержится в 4 крупнейших водохранилищах, мезотрофных по большей части своей акватории. Среди 15 крупнейших европейских водохранилищ с суммарным объёмом воды $\sim 220 \text{ км}^3$ олиготрофный статус имеют лишь воды двух арктических водоёмов – Серебрянского и Верхнетуломского [Измайлова, Драбкова, 2015 (а)]. Наибольшее эвтрофирование наблюдается в водах самого южного – Цимлянского водохранилища. Неблагоприятное экологическое состояние, связанное с низким качеством воды и значительным превышением ПДК по целому ряду параметров наблюдается на ряде водохранилищ Волжско-Камского каскада – Нижнекамском, Саратовском, Чебоксарском, Рыбинском и Горьковском.

Анализ экологических изменений, произошедших с озёрным фондом России, свидетельствует, что за период активного антропогенного влияния на водные ресурсы качество воды большинства наиболее крупных водоёмов страны претерпело значительные изменения. В силу многообразия природных факторов, определяющих широкое разнообразие озёрных экосистем России, последствия антропогенного воздействия на водоёмы, расположенные в разных регионах, носили различный характер. Особенно высокой чувствительностью к любым воздействиям характеризовались северные экосистемы, обладающие в силу своей упрощённости меньшей устойчивостью. Вместе с тем, масштаб развития хозяйственной деятельности в арктических ре-

гионах был долгое время существенно ниже, чем в центре и на юге страны. Это позволило до настоящего времени сохранить качество воды значительного числа расположенных здесь крупных озёр и водохранилищ. Однако, темпы деградации северных озёрных экосистем в последние десятилетия резко усилились. Быстрыми темпами происходило и изменение озёрных экосистем, расположенных в регионах недостаточного увлажнения, тем более, что большинство из них в силу благоприятных климатических условий являются и регионами активного сельскохозяйственного освоения. Антропогенное воздействие сказывалось как на качестве вод расположенных здесь водоёмов, так и на нарушении их естественного водного баланса за счёт сокращения притока, разбираемого на различные хозяйственные нужды. Постепенно это стало приводить к потере здесь части озёрного фонда. И если природные различия, прежде всего, отражались на характере производимого антропогенного воздействия на озёрные экосистемы, то масштаб выявляемых последствий и возможности борьбы с ними в большей степени определялись уже экономическими факторами [Измайлова, 2016 (д)].

5.4. Современное экологическое состояние водных ресурсов озёр Российской Федерации

Как уже указывалось, несмотря на значительное снижение качества воды крупнейших озёр, имевшее место в 1970-80-е годы, благодаря программам по всестороннему комплексному изучению водоёмов и предпринятым на их основе природоохранным мерам, дальнейшее развитие негативных процессов на большинстве глубоководных озёр России к началу 1990-х годов удалось приостановить. Вводимые с конца 1980-х годов природоохранные меры, а также падение производства, связанное с наблюдавшимся в это время экономическим кризисом, позволили существенно снизить антропогенное загрязнение поверхностных вод, что привело к интенсификации процессов самоочищения. Восстановление ряда производств, имевшее место с конца 1990-х гг., уже проходило на фоне принятых мер по охране окружающей среды и сокращения поступлений в водоёмы неочищенных стоков. Как результат, к настоящему времени удалось добиться существенного улучшения качества воды таких озёр как Ладожское, Онежское, Имандра и ещё целого ряда больших озёр северо-запада ЕЧР. До настоящего времени олиготрофный статус сохраняют озёра Байкал, Топозеро, Хантайское, Сегозеро и Пяозеро. На крупных мелководных водоёмах процессы восстановления проходили значительно медленнее [Румянцев и др., 2010]. Так, до настоящего времени продолжаются процессы антропогенного эвтрофирования Чудско-Псковского озёрного комплекса и оз. Ханка. Несмотря на все предпринимаемые меры, состояние озёр оценивается от эвтрофного до гипертрофного.

Особенностью развития России является сосредоточение основной части населения в европейской части страны, характеризующейся и наиболее развитой экономикой. В связи с этим антропогенное давление на её водные ресурсы всегда было несопоставимо выше, чем в азиатской части. Несмотря на имевшее место улучшение экологического состояния ряда крупнейших озёр ЕЧР, состояние значительного числа средних и малых водоёмов остаётся крайне неблагоприятным. Особенно резко экологические проблемы проявляются на малых водоёмах центральной и южной частей ЕЧР, традиционно характеризующихся наибольшей заселённостью и хозяйственной освоенностью. Основная масса загрязняющих веществ попадает в озёра центра и юга ЕЧР с речным стоком, огромное влияние оказывают стоки с сельскохозяйственных земель, а также промышленных предприятий, как находящихся в непосредственной близости, так и на значительном расстоянии. В последнем случае загрязнение попадает в водоёмы аэрогенным путём, его источником наряду с промышленными предприятиями являются предприятия энергетической отрасли, транспорта и связи.

Ещё одним фактором, негативно сказывающимся на небольших мелководных водоёмах, является заиление, усиливающееся по мере замещения природных ландшафтов антропогенными. Оно быстро приводит к зарастанию, заболачиванию и исчезновению небольших озёр. Снижение уровня малых водоёмов связано и с сокращением речного притока из-за его существенного разбора на орошение и другие нужды. Снижение притока приводит как к исчезновению небольших озёр, так и к существенным преобразованиям достаточно крупных, в том числе лагун и лиманов. В условиях недостаточного увлажнения, характерного для южной части ЕЧР, обмеление сопровождается ростом солёности воды и ухудшением её качества. На снижении качества воды и росте минерализации также может сказываться гидротехническое строительство.

Центральная часть ЕЧР характеризуется активным развитием промышленности и сельского хозяйства, а также высокой концентрацией населения, определяющими повышенную нагрузку на все виды её водных ресурсов. Характерными загрязняющими веществами водных объектов центра ЕЧР являются соединения азота и фосфора, взвешенные и органические вещества, нефтепродукты, фенолы, СПАВ, тяжёлые металлы. Загрязнение, производимое промышленными и городскими центрами, существенно сказывается как на небольших водоёмах, так и на относительно крупных. В центральной части ЕЧР фактически нет больших естественных озёр, наиболее крупные, чаще всего немногим превышают по площади 50 км². В настоящее время воды большинства из них (озёра Чухломское, Галичское, Плещеево и Неро), согласно данным Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» за последнее десятилетие [Государственный... 2009-2018] квалифицируются как загрязнённые, 3 класса разряда А или Б. Среди озёр, превышающих по площади 10 км², особенно

сильно загрязнены воды оз. Великое (Рязанская обл.), в последние годы они оцениваются как экстремально загрязнённые, 5 класса загрязнения.

На юге ЕЧР замыкаются основные крупнейшие реки, собирающие сток, а вместе с ним и загрязняющие вещества с огромной территории европейской России. Как результат, водоёмы южной части России аккумулируют огромное количество загрязняющих веществ, приносимых со значительной части её европейской территории. В устьях р. Дон и Кубань находится большое количество лагун и лиманов, питаемых речными водами, характеризующимися значительной степенью загрязнения. Река Волга, собирающая свои воды с огромной территории ЕЧР (около 1/3 её площади), несёт их в Каспийское море, в её устьевой части она подпитывает также огромное количество стариц, култуков и ильменей Волжской дельты. Наряду с Волгой с территории РФ в Каспийское море впадают такие крупные реки как Кума, Сулак и Терек. В их устьевых участках также расположено значительное количество лиманов, питающихся за счёт их стока, и характеризующихся повышенной загрязнённостью. Наряду с внешним загрязнением, поступающим из центральной части ЕЧР, водоёмы юга России получают и загрязнение непосредственно со своей территории.

В последние десятилетия значительное снижение качества воды происходит не только на малых и средних озёрах ЕЧР, оно стало заметно проявляться и на водоёмах ранее благополучных регионов, таких как европейский северо-восток [Румянцев и др., 2011]. Активное освоение здесь нефтегазовых месторождений обусловило создание развитой инфраструктуры и привело к резкому увеличению антропогенной нагрузки на экосистемы, в том числе водные. Наряду с развитием нефтегазовой промышленности, наблюдающееся на северо-востоке ЕЧР загрязнение вод связано и с разработкой месторождений других видов минерального сырья, а также обуславливается отсутствием канализации и очистных сооружений в населённых пунктах и загрязнением крупнейших северных рек промышленными и сельскохозяйственными стоками. С активной нефте- и газодобычей связано и аэротехногенное загрязнение водоёмов, причиной которого также являются растущие в регионе крупные центры хозяйственного освоения.

Проведённый анализ озёрного фонда ЕЧР показал, что в больших водоёмах с площадью зеркала более 100 км² сконцентрировано более 90% озёрных вод. Как уже указывалось, именно большие озёра и водохранилища определяют стратегический запас озёрных вод страны, что обостряет вопрос об их экологическом состоянии. В связи с этим, с учётом разработанных критериев, описанных в главе 2, была выполнена современная оценка объёмов воды различного качества, содержащейся в больших озёрах и водохранилищах ЕЧР. По Федеральным округам наряду с оценкой вод, содержащихся в крупнейших водоёмах, также проводилась приближённая оценка объёмов воды различного качества, содержащейся во всех водоёмах, включая малые и средние.

В основу проведённых оценок 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. Поскольку лимнологическая изученность малых и средних водоёмов России, как уже упоминалось, пока не высока, определение качества их суммарных вод проводилось на основе разрозненных данных и, в значительной мере, экспертных оценок.

Согласно проведённой оценке более 2/3 вод, содержащейся в больших озёрах ЕЧР (с площадями, превышающими 100 км²) на настоящий момент остаются олиготрофными, и около 60% относятся к 1 классу качества (рисунок 5.7) [Измайлова и др., 2017].

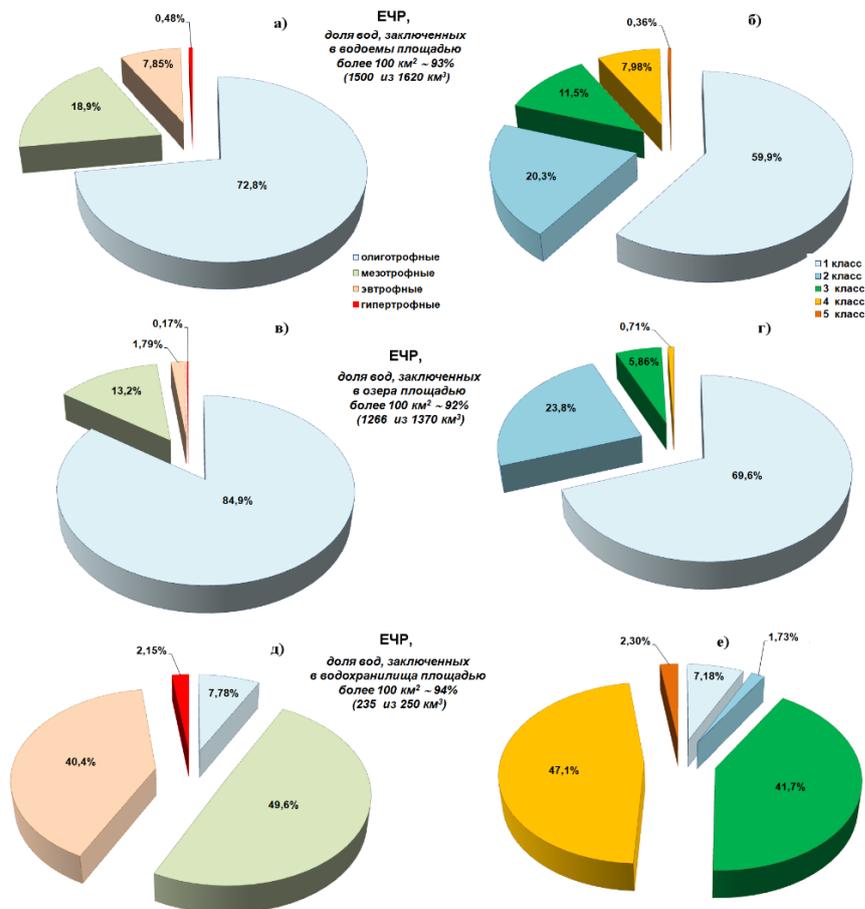


Рисунок 5.7. Трофический статус вод, заключённых в водоёмы ЕЧР, площадью > 100 км²: а) – все водоёмы, в) – озёра, д) – водохранилища; и класс загрязнения вод: б) – все водоёмы, г) – озёра, е) – водохранилища.

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, как уже указывалось, олиготрофные воды присутствуют лишь в крупных северных водохранилищах, тогда как большин-

ство 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 [Измайлова, Драбкова, 2015 (б)]. Воды 5 класса наблюдаются лишь в водохранилищах (около 2%). Доля вод 4 класса для больших озёр не превышает 1%, тогда как для крупных водохранилищ она составляет лишь чуть менее половины суммарных ресурсов. Гипертрофные воды встречаются как в озёрах, так и в водохранилищах, их доля оценивается, соответственно, в 0.17 и 2.15%.

На рисунках 5.8-5.12 представлен трофический статус и класс загрязнения вод, содержащихся как в крупнейших водоёмах, так и суммарно во всех водоёмах ЕЧР, расположенных в пределах Северо-Западного, Центрального, Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов.

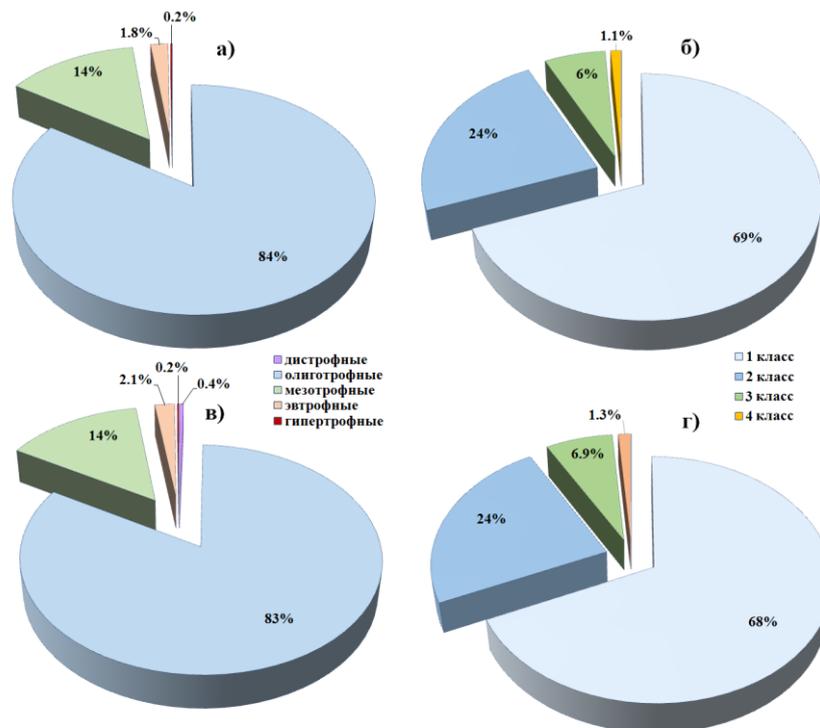


Рисунок 5.8. Трофический статус вод (а), заключённых в водоёмы площадью более 100 км² и во все водоёмы СЗФО (в); класс загрязнения вод, заключённых в водоёмы площадью более 100 км² (б) и во все водоёмы (г). Всего в озёрах и водохранилищах СЗФО содержится 1387 км³ воды, в больших (площадью зеркала более 100 км²) – 1296 км³.

Северо-Западный федеральный округ (рисунок 5.8) 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 Рыбинском водо-

хранилище 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.

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 (рисунки 5.9 и 5.10) преобладают мезотрофные и мезотрофно-эвтрофные, а на юге (рисунки 5.11 и 5.12) – 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 (наиболее широко представленных в пределах ПФО) и ряда озёр ледникового происхождения (север ЦФО, 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, как, например, хвостохранилище Михайловского ГОКа в Курской области и карьеры-отстойники Белгородской области.

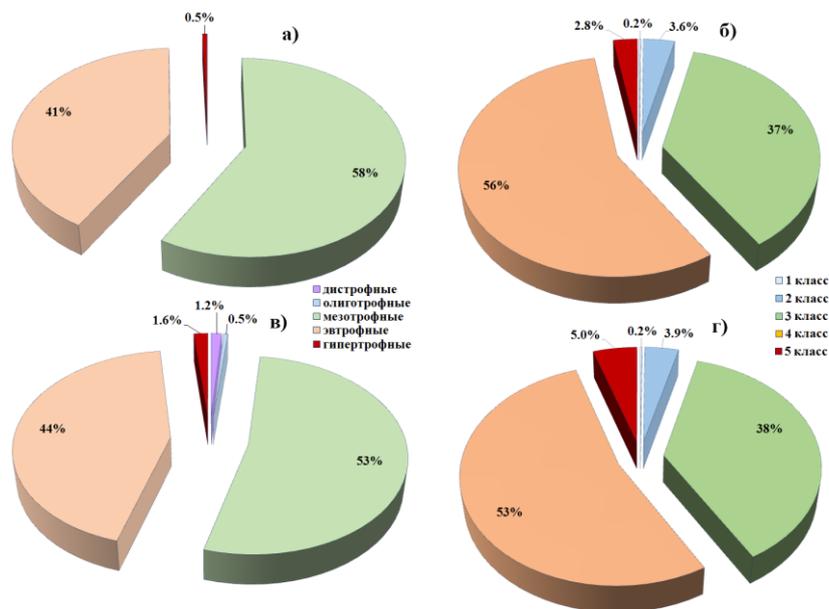


Рисунок 5.9. Трофический статус вод (а), заключённых в водоёмы площадью более 100 км² и во все водоёмы ЦФО (в); класс загрязнения вод, заключённых в водоёмы площадью более 100 км² (б) и во все водоёмы (г). Всего в озёрах и водохранилищах ЦФО содержится 39.7 км³ воды, в больших (площадью зеркала более 100 км²) – 29 км³.

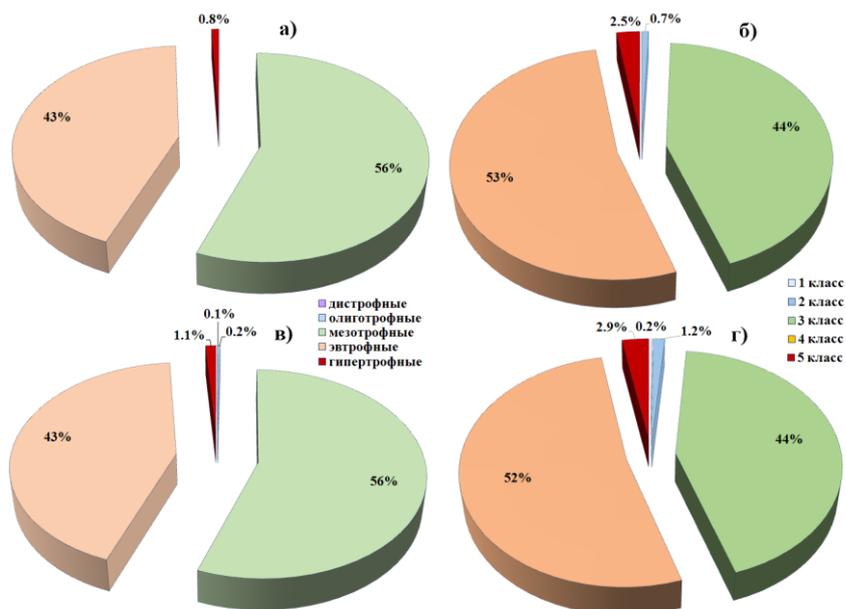


Рисунок 5.10. Трофический статус вод (а), заключённых в водоёмы площадью более 100 км² и во все водоёмы ПФО (в); класс загрязнения вод, заключённых в водоёмы площадью более 100 км² (б) и во все водоёмы (г). Всего в озёрах и водохранилищах ПФО содержится 131 км³ воды, в больших (площадью зеркала более 100 км²) – 121 км³.

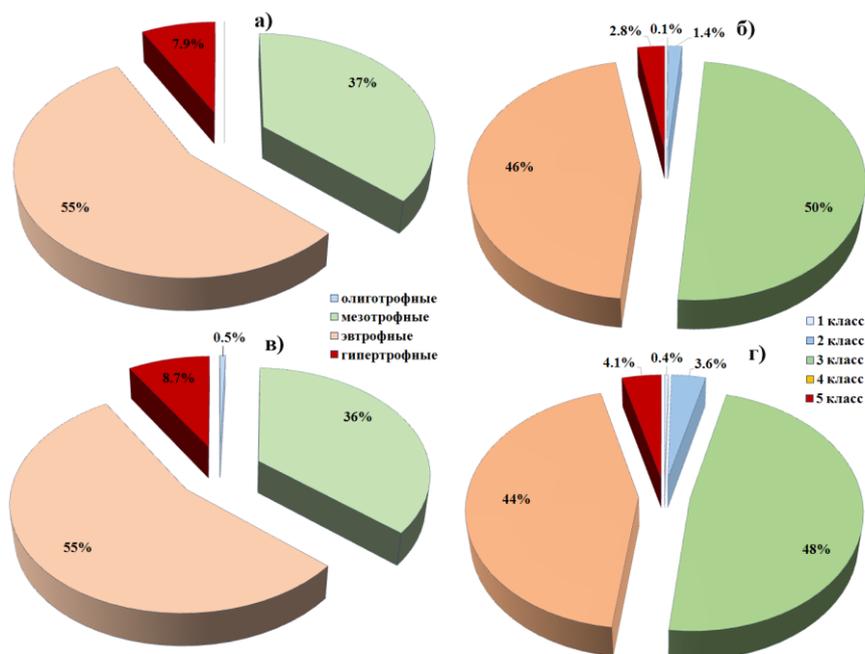


Рисунок 5.11. Трофический статус вод (а), заключённых в водоёмы площадью более 100 км² и во все водоёмы ЮФО (в); класс загрязнения вод, заключённых в водоёмы площадью более 100 км² (б) и во все водоёмы (г). Всего в озёрах и водохранилищах ЮФО содержится 57.4 км³ воды, в больших (площадью зеркала более 100 км²) – 49.5 км³.

В пределах СКФО (рисунок 5.12) расположена лишь одна крупная лагуна площадью более 100 км² (оз. Южный Аграхан), площадь двух крупнейших водохранилищ округа (Кубанского и Чиркейского) не превышает 50 км². Характерной чертой СКФО является резкое несоответ-

ствие между качеством озёрных ресурсов её равнинной и горной части. Многие равнинные водоёмы имеют воду низкого качества, тогда как почти все горные озёра характеризуются чистыми водами. Хоть в последние годы и ряд горных озёр также стал испытывать на себе антропогенный прессинг.

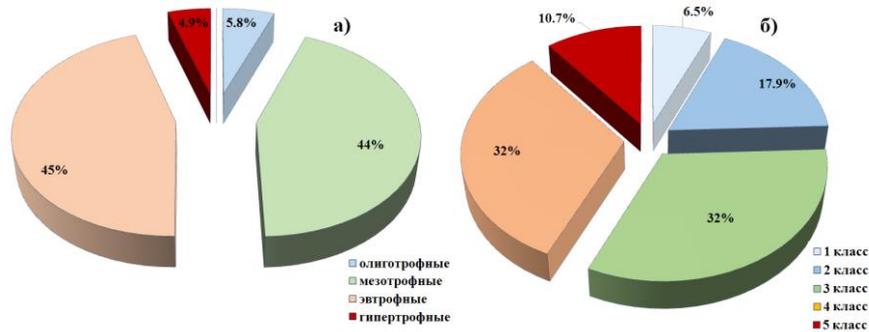


Рисунок 5.12. Трофический статус (а) и класс загрязнения вод (б), заключённых в водоёмы СКФО. Всего в озёрах и водохранилищах СКФО содержится 6.16 км³ воды.

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, что обращает на себя внимание при сравнении диаграмм на рисунках.

Несмотря на превосходство азиатской части России над европейской по площади более чем в 3 раза, в силу более суровых природных условий здесь проживает лишь чуть более 1/5 населения страны. Значительная его часть занята в сфере добычи и переработки полезных ископаемых.

Поскольку освоение азиатской части России значительно отставало от европейской, озёра АЧР начали испытывать на себе антропогенный пресс несколько позже. Загрязнение промышленными стоками, прежде всего, проявлялось в регионах активного развития производства, привязанных к центрам добычи полезных ископаемых или крупным промышленно-городским агломерациям. Так как освоение богатейших ресурсов азиатской части страны начиналось с Урала, наиболее значимые изменения в связи с длительными нагрузками к сегодняшнему дню произошли в экосистемах озёр, расположенных на его склонах [Измайлова, 2016 (д), 2017].

Если в естественном состоянии большинство озёр Урала относились к категории олиготрофных, то к настоящему времени водоёмов, сохранивших свой трофический статус, осталось крайне мало. Более глубокие, крупные и испытывающие меньшую антропогенную нагрузку водоёмы Урала находятся, как правило, в мезотрофной стадии развития, тогда как относи-

тельно мелкие и небольшие по площади озёра быстрее переходят к эвтрофной [Ярушина и др., 2004]. Наибольшему эвтрофированию подвергаются озёра, используемые как приёмники хозяйственно-бытовых и сточных вод [Кривопалова, 1995], к сегодняшнему дню большинство из них переходит в гипертрофную стадию. Даже такие уникальные природные объекты, как озёра Тургояк, Увильды, Иткуль, имеющие статус памятников природы, утрачивают олиготрофность, приобретая черты водоёмов переходного типа. Не только олиготрофных, но и мезотрофных водоёмов в настоящее время практически не осталось и на Зауральском пенеппене, водоёмы которого и в природных условиях характеризовались повышенной трофностью. В последние десятилетия промышленное загрязнение распространяется и на полярные регионы Урала, что связано с разведкой и добычей здесь полезных ископаемых.

Огромное воздействие на водоёмы азиатской части России оказало начавшееся с середины 1960-х гг. освоение нефтегазовых месторождений Западной Сибири и Дальнего Востока. Интенсивное развитие нефтяных промыслов обусловило создание в регионах их добычи развитой инфраструктуры и резкое увеличение антропогенной нагрузки на экосистемы, в том числе лимнические. В Западной Сибири оно происходило с отставанием строительства очистных и канализационных сооружений и сопровождалось многочисленными авариями и порывами нефтепроводов, «в результате чего произошёл сдвиг в солевом и биогенном режиме ряда водоёмов, прежде всего – пойменных озёр Среднего Приобья» [Нечаева, 1994]. Среди загрязняющих веществ, связанных с нефте- и газодобычей, приоритетными, наиболее жёстко влияющими на экологическое состояние водных объектов, являются тяжёлые металлы и нефтепродукты. Загрязнение ещё более усиливается из-за неудовлетворительного технического состояния трубопроводов нефтедобывающих предприятий, значительная часть которых эксплуатируется с истекшим сроком годности, что по мере активизации коррозионных процессов приводит к их разгерметизации. При этом повышенные концентрации нефтепродуктов наблюдаются не только вблизи основных источников их поступления, но и на значительном расстоянии от них. В силу своей гидрофобности нефтепродукты уносятся с речным стоком на дальние расстояния [Лукин и др., 2000], вызывая загрязнение по всей водной системе, включая озёра.

Наряду с химическим загрязнением водоёмов, на этапе строительства объектов нефтедобычи происходило зарегулирование поверхностного стока, приводящее к изменению уровня грунтовых и поверхностных вод. Озёра, ставшие объектами нефтедобычи, полностью утрачивали свой естественный режим, превращаясь в природно-антропогенные образования. По мере последовательного продвижения разработок месторождений углеводородов на север, загрязнение затронуло и крайне низко населённые арктические территории. При этом озёра северной части Западной Сибири характеризовались значительно меньшей устойчивостью к загрязнениям, и их реакция на воздействия проявлялась уже на этапе разведывательных работ.

Наряду с освоением нефтегазовых месторождений, значительное влияние на арктические регионы оказали горнодобывающая и металлообрабатывающая промышленность. Важнейшим источником загрязнения севера Восточной Сибири на протяжении многих лет является Норильский горнодобывающий и металло-производящий комбинат, созданный ещё в 1930-е годы. Его многолетняя деятельность привела к огромным экологическим проблемам как в непосредственной к нему близости, так и на значительной части Таймырского полуострова. К настоящему времени вблизи Норильска оказалось выжжено около 100 тыс. га лесотундры. Кислотные дожди, выпадающие в регионе, привели к закислению значительного количества водоёмов и другим негативным изменениям среды. Среди крупнейших водоёмов наиболее пострадавшим от деятельности «Норильского Никеля» оказалось оз. Пясино, уже упоминавшееся ранее. В конце XX в. общий сброс неочищенных сточных вод Норильского комбината составлял более 50 млн м³/год и столько же – недостаточно очищенных. Согласно данным [Гурский, 2013], «фоновые концентрации меди, никеля и свинца составляют в воде оз. Пясино десятки, реже – сотни (цинк) мкг/л, а на загрязнённых участках достигают 300–700 (ионы меди и никеля) мкг/л, ионы мышьяка – 2.5 – 20 мкг/л мышьяка».

Существенные изменения, связанные с заселением и освоением северной части Сибири, произошли и на ряде водоёмов центральной части Среднесибирского плоскогорья, а также горной части Северо-Восточной Сибири. Однако, благодаря низкой плотности населения, нагрузка на озёрные водные ресурсы этих территорий пока остаётся локальной, привязанной к основным населённым пунктам и объектам промышленности. В то же время, многие расположенные здесь сельские поселения используют озёрную воду не только для подачи на животноводческие фермы и на орошение сельскохозяйственных угодий, но и для питьевых нужд. Деградация северных озёр в силу их повышенной чувствительности к загрязнениям происходит достаточно быстро, что приводит к необходимости доставлять в поселения воду из водоёмов, расположенных от них на больших расстояниях [Легостаева и др., 2011].

Наряду с химическим загрязнением вод и их эвтрофированием, важнейшим результатом освоения северных территорий явилось изменение термокарстовых процессов и термоэрозии, связанное с механическим и тепловым воздействием на широко распространённые здесь подземные льды, залегающие на различной глубине. Нарушение температурного и влажностного режимов грунтов приводит к изменению их состава, строения и свойств, что, в свою очередь, вызывает активизацию криогенных процессов. Результатом являются антропогенные изменения количества и площади арктических озёр.

Южная часть российской Азии освоена значительно больше, чем арктические и субарктические регионы. Благодаря промышленному и сельскохозяйственному производству её наиболее обжитые территории ощущают значительное давление на водные ресурсы. Основными ис-

точниками загрязнения водоёмов на юге Сибири являются предприятия по добыче полезных ископаемых, включая минеральные ресурсы озёр, промышленные предприятия, предприятия нефтеперерабатывающего комплекса. В силу широкого спектра отраслей промышленности, размещённых в промышленных центрах южной части Сибири, количество загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты достаточно велико. При этом загрязнители могут поступать не только от ближайших источников, но и от удалённых на значительное расстояние, находящихся как на территории России, так и Монголии, и Китая. Значительную опасность для расположенных здесь водоёмов носит и биогенное загрязнение. На озёра, расположенные вблизи городских и сельских поселений, оказывают влияние коммунальные стоки и стоки с селитебных территорий. В последние десятилетия резко возросла рекреационная нагрузка.

Значительная часть юга Сибири находится в зоне недостаточного увлажнения. Особенностью гидрологического режима расположенных в её пределах озёр является существенное колебание их уровня, подчиняющееся многолетним циклическим колебаниям влажности. В периоды низкой водности давление на озёрные ресурсы усиливается. При снижении уровня воды негативно изменяется газовый режим водоёмов, что чаще всего отражается на его рыбном населении, приводя к гибели рыб, наиболее требовательных к кислородному режиму. На снижении уровня, а значит и на ухудшении экологической обстановки, также сказываются ошибки, возникающие при проведении мелиоративных работ. В условиях недостаточного увлажнения негативное воздействие на озёра оказывает водозабор, приводящий к смещению водного баланса. В этой связи, огромную опасность для озёр юга Сибири представляют климатические изменения антропогенного характера, влияющие как на их водный, так и гидрохимический режим.

Значительное давление на водные ресурсы испытывают и обжитые районы юга Дальнего Востока. Наряду с химическим загрязнением, опасность для расположенных здесь озёр представляет биогенное загрязнение, связанное с активным использованием в сельском хозяйстве минеральных удобрений, а также с общим низким уровнем сельскохозяйственной практики. Развитие растениеводства порой требует усиленного водозабора, что сказывается на уровне водоёмов. Из-за мелководности большинства водоёмов равнинной части Дальнего Востока, изменения водного баланса быстро приводят к обострению накопившихся экологических проблем. Проблемой юга Дальнего Востока является заиление водоёмов, связанное с поступлением в них с речным стоком большого объёма рыхлого материала, особенно большой привнос которого происходит в годы повышенной водности. В пределах равнинной части юга Дальнего Востока большинство озёр находится в пойме р. Амур, с его водами они получают загрязнение не только от ближайших источников, но и удалённых на значительное расстояние, которые могут находиться как на территории Российской Федерации, так и Монголии, и Китая. Ещё одной

проблемой для озёр южной части Дальнего Востока является чрезмерный, неконтролируемый лов рыбы, приводящий к сокращению численности ряда видов.

Значительный антропогенный пресс на сегодняшний день испытывает и основной водоём Восточной Сибири – оз. Байкал, внесённый в 1996 году в Список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО, и получивший к сегодняшнему дню важнейший экологический Закон «Об охране озера Байкал», регулирующий хозяйственную деятельность в его бассейне. Интенсивное хозяйственное развитие в байкальском регионе началось в 1950-х гг., в 1956 г. появился мощный антропогенный фактор – зарегулирование р. Ангары плотиной Иркутской ГЭС, что отразилось на уровненом режиме Байкала и сказалось на состоянии прибрежных районов озера. Приблизительно в этот же период появились и первые источники загрязнения, связанные со строительством Транссибирской железной дороги. Усилилось влияние химизации сельского хозяйства, транспортных перевозок, коммунального хозяйства, начал развиваться туризм. В 1966 г. был пущен в эксплуатацию Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (БЦБК), что привело к поступлению в озеро дополнительных минеральных и органических веществ со сточными водами. В 1974 г. наряду с Байкальским приступил к работе Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат (СЦКК), построенный в 60 км от устья р. Селенга, что ещё более сказалось на увеличении загрязнения озера. С 1990 г. Селенгинский комбинат прекратил сброс в Селенгу промышленных сточных вод и среди важнейших загрязнителей озера остался Байкальский ЦБК. В 2000-е годы Байкальский ЦБК работал с приостановками, вызываемыми изменениями экологического законодательства. В 2008, по требованию Росприроднадзора, он приостановил выпуск белой целлюлозы и перешёл на выпуск менее рентабельной небелёной целлюлозы с использованием технологии замкнутого водооборота, исключающей выброс в озеро даже очищенных стоков. В феврале 2013 г. Правительством России было принято решение о закрытии БЦБК и создании на месте закрывшегося комбината (после завершения процедур ликвидации накопленного экологического ущерба) экспоцентра «Заповедники России».

В настоящее время водосбор оз. Байкал энергично развивается в социально-промышленном плане. Здесь работает более полутора сот индустриальных предприятий (алюминиевые, целлюлозно-бумажные комбинаты и т.д.), благодаря чему в озеро продолжает проникать большое количество чужеродных для него примесей. Значительная масса стоков поступает с водами реки Селенги, принимающей как сточные воды промышленных узлов Бурятии, так и сельскохозяйственные и промышленные стоки с территории Монголии. Однако, несмотря на значительный масштаб поступления сточных вод, качество воды оз. Байкал на большей части его акватории пока существенно не изменено [Грачев, 2002]. Проникающие с водами реки Селенги чужеродные примеси интенсивно перерабатываются и захораниваются в так называемых «барьерных зонах», в области смешивания речных и озёрных вод, под действием физиче-

ских и биологических факторов [Байкал..., 2009]. Содержание тяжёлых металлов как в воде, так и в биоте Байкала практически не изменилось по сравнению с периодом, предшествующим бурному экономическому развитию Сибири [Ветров, Кузнецова, 1997]. В то же время, существенные изменения испытывает прибрежная зона озера. Как пример, важной экологической проблемой, резко проявившейся с 2011 г., стало массовое развитие в прибрежной зоне нитчатых зелёных водорослей и цианобактерий, заменивших виды-доминанты, в том числе эндемичные. Среди наиболее активно распространяющихся из них – нитчатая микроводоросль рода *Spirogyra*, получившая активное развитие с начала 2010-х годов [Кравцова и др., 2012, Тимошкин и др., 2014].

Однако, если экологическое состояние озера Байкал, несмотря на достаточно острые проблемы в его прибрежной зоне, в целом благоприятно, то большинство озёр расположенных в непосредственной к нему близости в последние десятилетия подвергаются значительному загрязнению и эвтрофированию. Проблемы с качеством воды расположенных вблизи Байкала озёр Гусиное, Котокель, озёр Ивано-Арахлейской и Еравинской систем и др. особенно обострились в наблюдающийся в настоящем времени период низкой водности. Не удаётся добиться значительного улучшения экологического состояния и других озёр юга азиатской части России. Сохраняется комплекс проблем на таких крупных водоёмах как Ханка и Чаны. Катастрофически низкое внимание проявляется к малым и средним водоёмам, расположенным в зонах активного промышленного освоения.

Анализ озёрного фонда АЧР свидетельствует, что в наиболее крупных водоёмах российской Азии с площадью зеркала более 100 км² сконцентрировано около 98% озёрных вод. Также, как и для европейской части России, для водоёмов АЧР была выполнена отдельная оценка объёмов воды различного качества, содержащейся в больших озёрах и водохранилищах (рисунок 5.13). По Федеральным округам наряду с оценкой объёмов вод различного качества, содержащихся в крупнейших водоёмах, была выполнена приближённая оценка объёмов воды различного качества, содержащейся во всех водоёмах, включая малые и средние. В основу оценок легли литературные данные, данные ежегодников и материалы Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» за 2009–2017 годы. В силу того, что лимнологическая изученность АЧР ниже, чем ЕЧР, приводимые оценки суммарного качества вод не могут претендовать на высокую точность, так как опираются на ещё более отрывочные данные.

Согласно проведённой оценке более 99% вод, содержащейся в озёрах АЧР с площадями >100 км² на настоящий момент 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, со-

держатся в водохранилищах, являются мезотрофными (56%) и относятся ко 2-му (36%) и 3-му (42%) классу качества.

На рисунках 5.14-5.16 представлен трофический статус и класс загрязнения вод, содержащихся как в крупнейших водоёмах, так и суммарно во всех водоёмах, расположенных в пределах Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

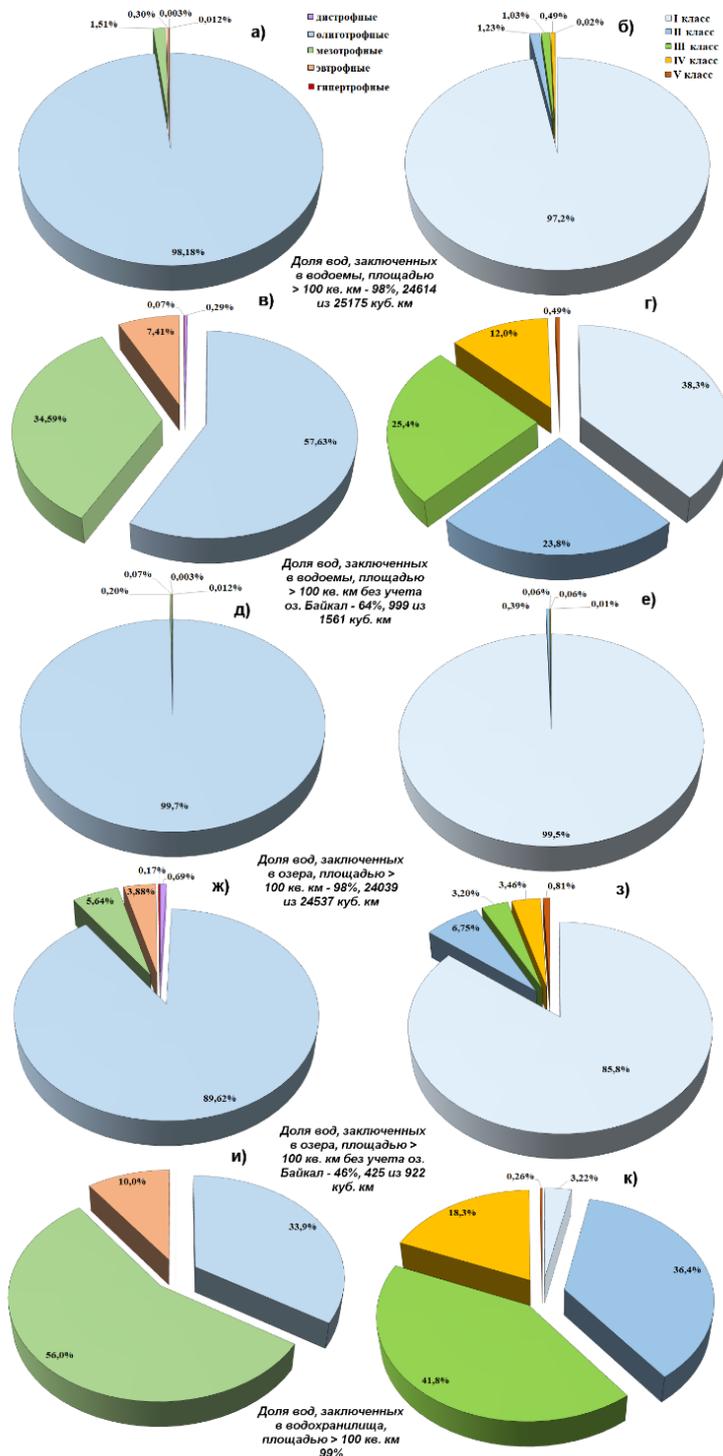


Рисунок 5.13. Трофический статус вод, заключённых в водоёмы АЧР, площадью > 100 км²: а) – все водоёмы, в) – все водоёмы без Байкала, д) – озёра, ж) – озёра без Байкала, и) – водохранилища; и класс загрязнения вод: б) – все водоёмы, г) – все водоёмы без Байкала, е) – озёра, з) – озёра без Байкала, к) – водохранилища.

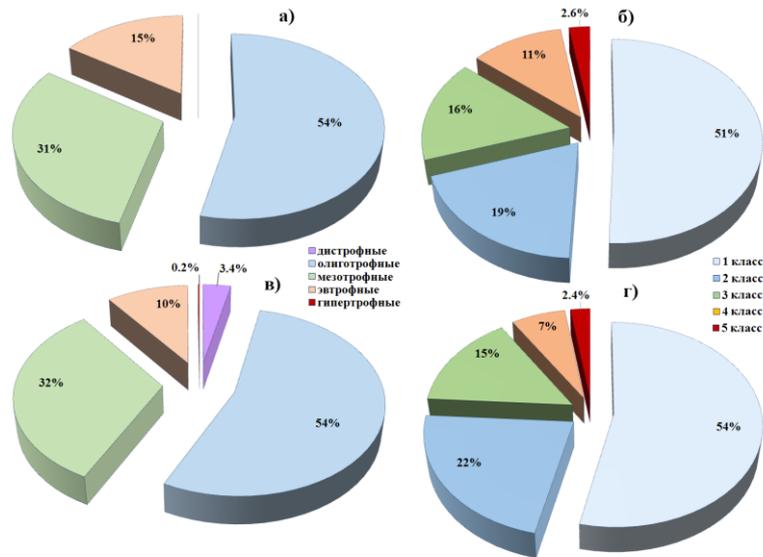


Рисунок 5.14. Трофический статус вод (а), заключённых в водоёмы площадью более 100 км² и во все водоёмы УФО (в); класс загрязнения вод, заключённых в водоёмы площадью более 100 км² (б) и во все водоёмы (г). В озёрах и водохранилищах УФО содержится 118 км³ воды, однако в больших (площадь зеркала более 100 км²) – лишь около 8 км³.

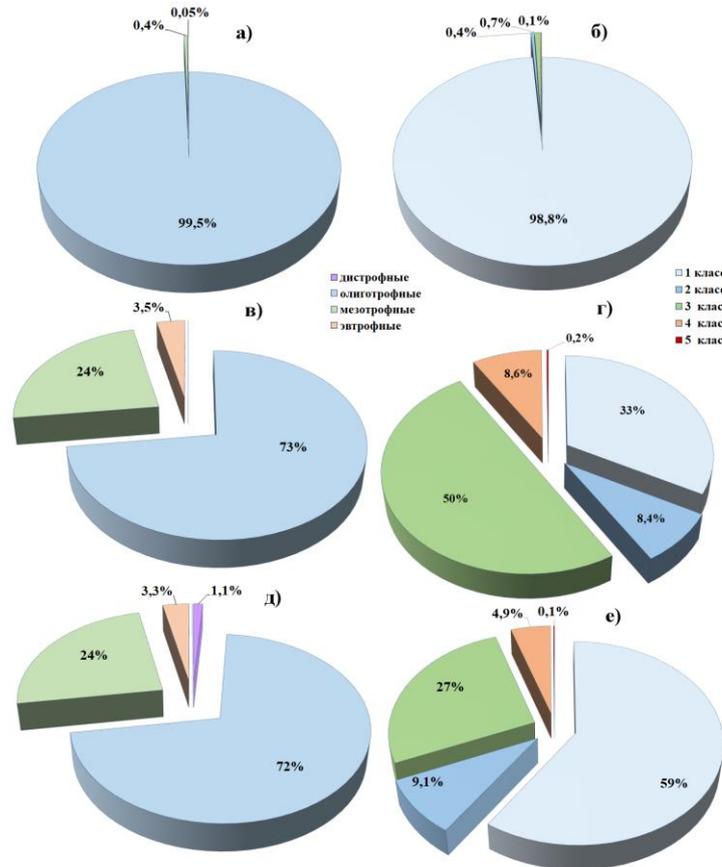


Рисунок 5.15. Трофический статус вод, заключённых в водоёмы площадью более 100 км² (а), в том числе без части акватории оз. Байкал (в) и во все водоёмы ДВФО без части акватории оз. Байкал (д); класс загрязнения вод, заключённых в водоёмы площадью более 100 км² (б), в том числе без части акватории оз. Байкал (г) и во все водоёмы без части акватории оз. Байкал (е). В озёрах и водохранилищах ДВФО содержится 16 094 км³ воды, в том числе в больших ~15 800 км³; во всех озёрах ДВФО без учёта части акватории оз. Байкал содержится 435 км³, в больших – 215 км³.

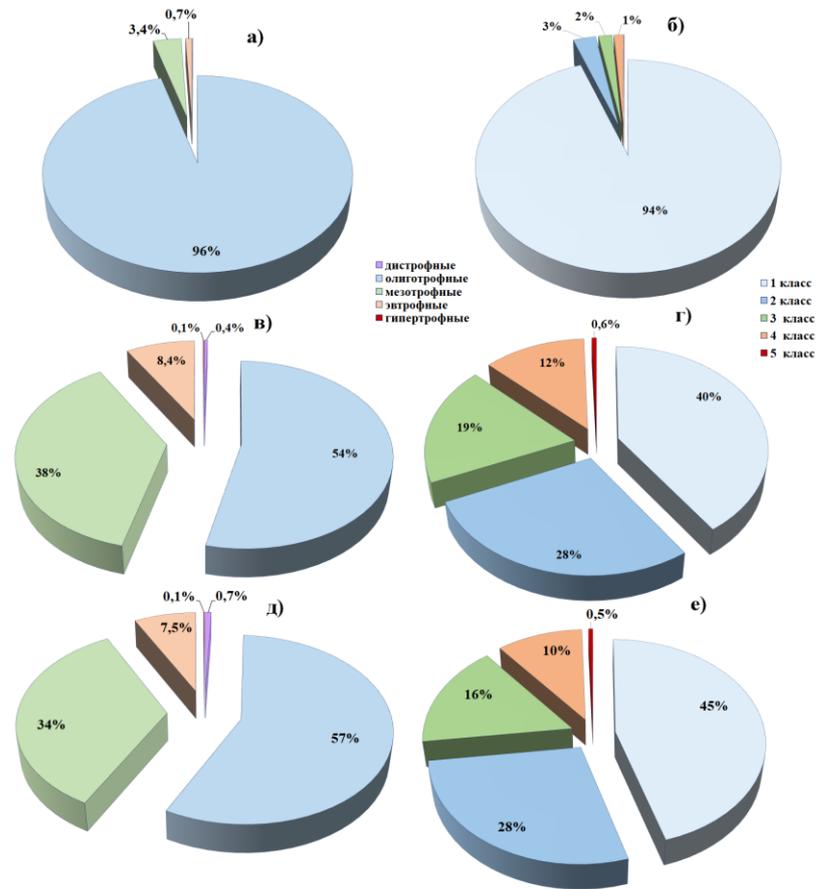


Рисунок 5.16. Трофический статус вод (а), заключённых в водоёмы площадью более 100 км², в том числе без части акватории оз. Байкал (в) и во все водоёмы СФО без части акватории оз. Байкал (д); класс загрязнения вод, заключённых в водоёмы площадью более 100 км² (б), в том числе без оз. Байкал (г) и во все водоёмы без части акватории оз. Байкал (е). В озёрах и водохранилищах СФО содержится 8961 км³ воды, в том числе в больших ~8800 км³; во всех озёрах СФО без учёта части акватории оз. Байкал содержится ~1000 км³, в больших – 777 км³.

Необходимо отметить, что в больших озёрах Уральского ФО содержится лишь около 7% от суммарного объёма вод, тогда как по всем остальным федеральным округам доля больших озёр и водохранилищ превосходит половину от величины озёрных водных ресурсов. В СФО и ДВФО основная масса воды сконцентрирована в оз. Байкал, основной объём воды которого сохраняет высочайшее качество. Без учёта байкальских вод доля условно чистых вод СФО и ДВФО существенно снижается.

Качество воды малых и средних озёр АЧР существенно выше, чем озёр ЕЧР. В связи с этим при рассмотрении полученных диаграмм обращает на себя внимание, что в суммарных объёмах, учитывающих объёмы воды малых и средних озёр, но не учитывающих байкальские воды, доля вод 1-го класса качества больше, чем в водах крупнейших озёр (без Байкала) и водохранилищ. Это особенно заметно при анализе диаграмм, построенных по Сибирскому и Дальневосточному округам. В то же время, для малых озёр АЧР характерна значимая доля дистрофных вод.

Также 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.

Суммарная картина качества вод, содержащихся в водоёмах Российской Федерации, представлена на рисунке 5.17.

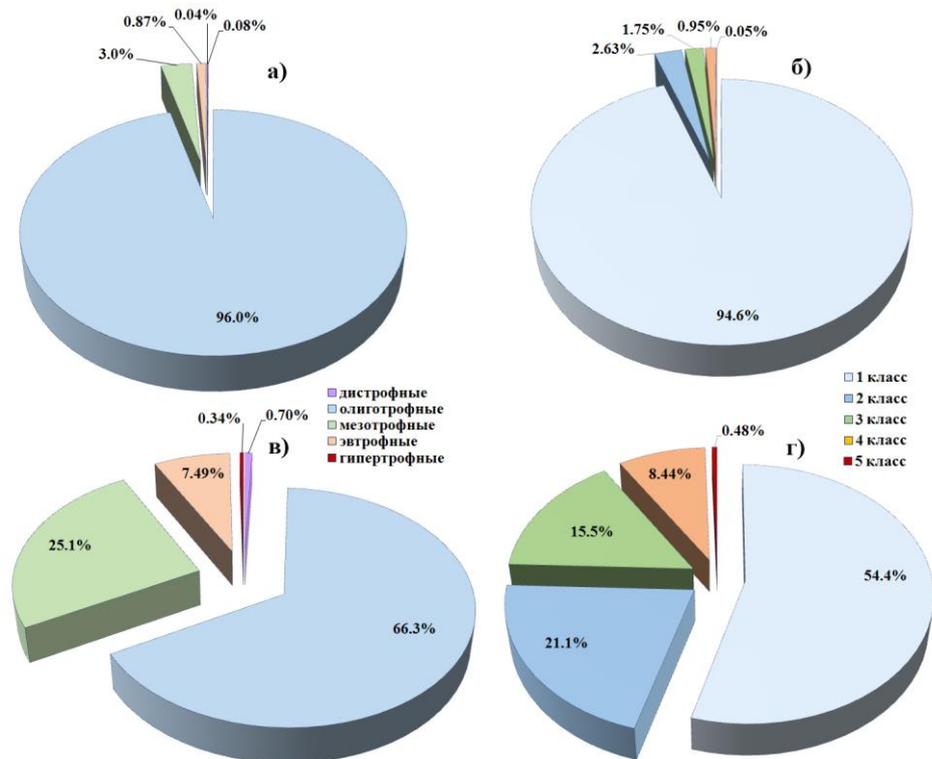


Рисунок 5.17. Трофический статус вод, заключённых в водоёмы РФ (а), в том числе без оз. Байкал (в); класс загрязнения вод (б), в том числе без оз. Байкал (г).

В заключение необходимо отметить, что, благодаря сохранению высокого качества воды в наиболее крупных озёрах, Россия продолжает характеризоваться значительными стратегическими резервами чистых вод, однако, необходимо помнить, что при современных темпах промышленного развития, загрязнённость озёрных вод происходит очень быстро и может носить непоправимый характер. В этой связи наряду с неблагоприятным состоянием озёр центра и юга ЕЧР, особую обеспокоенность вызывают озёра малонаселённых, но активно осваиваемых северных и восточных территорий страны, которые отличаются повышенной чувствительностью и пониженной степенью устойчивости к любым загрязнениям.

Общий уровень загрязнённости озёрных вод российской Азии, несмотря на существующий здесь комплекс экологических проблем, пока существенно ниже, чем в европейской части страны. Однако, и внимание к их экологическому состоянию пока меньше. На общем фоне

азиатских озёр резко выделяется оз. Байкал, как крупнейший пресноводный водоём Земли. Изучению озера уделяется огромное внимание сибирских учёных. Но ещё раз необходимо подчеркнуть, что даже при том, что основная масса байкальской воды продолжает оставаться условно чистой, что и определяет достаточно благоприятную картину, полученную при оценке качества суммарных озёрных ресурсов страны, экологическое состояние озера Байкал 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 ещё более увеличивается на фоне наблюдающейся деградации качественных характеристик водных ресурсов центра и юга ЕЧР.

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

Проведённый анализ изменений озёрного фонда России, происходящих под влиянием антропогенной деятельности, а также проведённый в рамках работ над совместными монографиями по озёрам России [Румянцев и др. 2015, 2017, Измайлова, 2018 (б)] анализ 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 выделенных озёрных регионов (таблица 5.3). Кроме того, 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 (таблица 5.4). В таблице 5.3 приведены основные виды хозяйственной деятельности, сказывающиеся в настоящее время на экологическом состоянии озёрных экосистем, и основные изменения, вызываемые их совместным действием. Подробный анализ экологических изменений озёрного фонда страны и определяющих его причин был приведён в монографиях по озёрам европейской и азиатской частей России [Румянцев, Драбкова, Измайлова, 2015, 2017] по

всем 25 выделенным в её пределах озёрным регионам (сведения по которым приведены в главе 3 настоящей работы).

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.

Для регионов, в которых, согласно существующим планам экономического развития, в ближайшие десятилетия ожидается усиление антропогенной нагрузки на водные ресурсы, современное значение индекса было выделено жирным шрифтом. В таблице 5.4 для таких регионов приведены прогнозные изменения индексов на уровень 2050 года. В прогнозе было заложено сохранение в общих чертах современной системы водо- и природопользования.

При сохраняющемся характере землепользования, темпах экономической активности и отсутствии жёсткого экологического законодательства состояние большинства озёрных экосистем в центральной и южной частях ЕЧР в ближайшие десятилетия останется экологически крайне неблагоприятным. Некоторое 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 заиления, зарастания водной растительностью, а также благодаря нарушениям водного питания за счёт антропогенного воздействия и климатических изменений) в центральной части ЕЧР может составить около 10%, а в южной части – до 20% [Измайлова и др., 2017]. 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.

Таблица 5.3. Современное состояние озёрного фонда РФ и влияние на него основных видов хозяйственной деятельности, сказывающихся на экологическом состоянии озёрных экосистем

Регион	Население, тыс. чел Общее кол-во водоёмов, тыс. Объем озёрных вод, куб. км			Основные виды хозяйственной деятельности, сказывающиеся на экологическом состоянии озёрных экосистем														Основные изменения, произошедшие с озёрными экосистемами								
				радиационное загрязнение	токсическое загрязнение, связанное с промышленными стоками	токсическое загрязнение, связанное с сельскохозяйственными стоками	загрязнение, связанное с транспортировкой нефти и газа	аэротехногенное загрязнение	транзитное загрязнение с речным стоком	загрязнение за счёт геолого-разведывательных и строительных работ	модификации озёрных систем, связанные с гидростроительством	мелиоративные работы	повышенный водозабор	уничтожение естественных ландшафтов, сказывающиеся на режиме озёр	биогенное загрязнение, связанное с сельскохозяйственными стоками	загрязнение за счёт коммунальных стоков	рекреационная нагрузка	токсическое загрязнение водоёмов	ацидификация водоёмов	антропогенное эвтрофирование	заиление	засоление	снижение озёрного фонда	изменение озёрного фонда в связи с антропогенными изменениями климата	инвазии	снижение рыбных ресурсов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	758	117	56	0	2	0	0	2	0	1	1	0	0	1	0	1	0	2	2	1	0	0	0	0	1	2
2	640	75	905	0	1	1	0	1	0	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
3	10500	33	375																							
3-а				0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
3-б				0	2	1	1	2	1	1	2	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1
3-в				0	2	1	1	2	1	1	2	2	0	2	2	2	2	2	1	2	1	0	1	0	1	2
4	50	250	20.3	1	1	0	2	2	2	1	0	0	0	1	0	1	0	2	1	1	1	0	0	1	1	1
5	1400	51	4.8	0	1	0	2	2	2	1	1	1	0	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0	0	1	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
6	20000	25	2.05	1	3	2	1	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	1	3	3	0	2	0	2	2	
7	13040	32	0.44	0	2	2	1	2	3	1	3	3	3	3	3	3	2	2	1	3	3	1	2	1	2	2	
8	15300	32	0.94	0	2	2	2	2	3	1	3	2	2	3	3	3	2	2	1	3	3	1	3	0	2	2	
9	29000	50	4.58	0	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	0	3	3	2	3	1	2	2	
10	1900	25	0.84																								
10-a				1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	
10-b				1	2	2	2	2	1	2	1	2	2	3	3	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	
11	3830	3.5	0.52																								
11-a				0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	
11-b				0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	0	1	1	1	0	
12	620	2018	255																								
12-a				0	1	0	2	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	2	2	1	2	0	0	1	1	0	
12-b				1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3	1	2	0	0	1	0	0	
12-c				0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
12-d				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
13	1800	170	48																								
13-a				0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
13-b				0	1	0	2	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	2
13-c				0	2	1	2	1	3	1	1	1	0	1	2	1	1	2	0	2	2	0	0	0	0	2	2
14	2000	100	23																								
14-a				0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
14-b				0	1	1	0	0	2	1	0	1	1	1	2	1	1	1	1	0	2	1	1	0	1	1	0
15	5200	600.1	42.6	1	2	1	3	2	3	2	2	1	0	1	1	1	1	3	2	2	1	0	0	1	1	1	
16	11500	35	20.4	1	2	2	1	2	1	1	1	3	3	3	3	2	2	2	0	3	2	3	2	2	2	2	

Таблица 5.4. Прогноз состояния озёрного фонда РФ (в регионах его существенных изменений) на уровень 2050 г. с учётом влияние основных видов хозяйственной деятельности, сказывающихся на экологическом состоянии озёрных экосистем

				Основные виды хозяйственной деятельности, сказывающиеся на экологическом состоянии озёрных экосистем														Основные изменения, происходящие с озёрными экосистемами								
Регион																										
Площадь, тыс. кв. км																										
Общее кол-во водоёмов, тыс.																										
Объем озёрных вод, куб. км																										
				радиационное загрязнение														токсическое загрязнение водоёмов								
				токсическое загрязнение, связанное с промышленными стоками														ацидификация водоёмов								
				токсическое загрязнение, связанное с сельскохозяйственными стоками														антропогенное эвтрофирование								
				загрязнение, связанное с транспортировкой нефти и газа														заиление								
				аэротехногенное загрязнение														засоление								
				транзитное загрязнение с речным стоком														снижение озёрного фонда								
				загрязнение за счёт геолого-разведывательных и строительных работ														изменение озёрного фонда в связи с антропогенными изменениями климата								
				модификации озёрных систем, связанные с гидростроительством														инвазии								
				мелиоративные работы														снижение рыбных ресурсов								
				повышенный водозабор																						
				уничтожение естественных ландшафтов, сказывающиеся на режиме озёр																						
				биогенное загрязнение, связанное с сельскохозяйственными стоками																						
				загрязнение за счёт коммунальных стоков																						
				рекреационная нагрузка																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
4	416	250	20.3	1	2	0	3	3	3	2	0	0	0	1	0	1	0	3	2	2	1	0	0	2	1	2
5	602	51	4.8	0	2	0	3	3	2	2	1	1	0	1	1	1	0	3	2	2	1	0	0	1	1	2
6	405	25	2.05	1	3	2	1	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	1	3	3	0	2	1	2	2
7	400	32	0.44	0	2	3	1	3	3	1	3	3	3	3	3	3	2	2	1	3	3	1	2	1	2	2
8	337	32	0.94	0	2	2	2	3	3	1	3	2	2	3	3	3	3	2	1	3	3	1	3	1	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
9	830	50	4.58	0	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	2	2	2
10	230	25	0.84																							
10-а				1	2	0	2	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	2	2	0	0	1	1	1
10-б				1	2	2	2	2	1	2	1	2	2	3	3	2	3	2	1	3	3	2	1	1	1	2
11	92	3.5	0.52																							
11-а				0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	2	0	0
11-б				0	0	1	0	2	0	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2	0	1	2	1	0
12	2350	2018	255																							
12-а				0	1	0	3	3	3	3	1	0	0	2	0	0	0	3	3	2	2	0	0	2	1	1
12-б				1	1	0	0	3	1	2	0	0	0	2	0	0	0	2	3	1	2	0	0	2	1	1
15	1100	600.1	42.6	1	2	1	3	3	3	2	2	1	0	1	1	1	1	3	2	2	1	0	0	2	1	1
16	650	35	20.4	1	3	2	1	3	1	1	1	3	3	3	3	2	2	3	0	3	2	3	2	3	2	2
17	400	35.2	22.3	0	2	2	2	2	3	1	1	1	2	1	2	2	2	3	1	3	3	0	0	1	2	2
18	200	7.5	7																							
18-а				1	2	0	2	2	0	2	0	0	0	1	0	1	0	2	2	2	1	0	0	1	0	0
18-б				2	3	2	1	3	0	1	2	2	3	3	3	2	3	3	1	3	2	2	1	2	1	2
24	130	10	2.8	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	2	0	1

Условные обозначения: 0 – загрязнение отсутствует или незначительное;

1 – загрязнение охватывает менее 20% озёр, выражено некатастрофично;

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

3 – загрязнение охватывает более половины водных объектов, опасное.

Наименование регионов:

- 1 – Кольский сегмент Балтийского кристаллического щита
- 2 – Карельский сегмент Балтийского кристаллического щита
- 3 – северо-запад Русской плиты
 - 3-а – северная часть региона (Архангельская обл.)
 - 3-б – восточная часть региона (Вологодская, восток Ленинградской обл.)
 - 3-в – западная и южная часть региона
- 4 – Прибрежные равнины Карского моря
- 5 – Северо-восток Русской плиты, регион нахождения древних ледниковых покровов
- 6 – Центр Русской плиты, территории значительного распространения ледниковых форм рельефа, оставшихся в наследие московского оледенения
- 7 – Центр Русской плиты, территории деградации ледниковых форм рельефа, оставшихся в наследие днепровского оледенения
- 8 – Средняя часть Волжского бассейна за пределами распространения ледниковых форм рельефа
- 9 – Юг Русской плиты, зона неустойчивого и недостаточного увлажнения
- 10 – Уральская горная страна (западный склон)
 - 10-а – Северный и Полярный Урал
 - 10-б – Средний и Южный Урал
- 11 – Северный Кавказ и Крымские горы
 - 11-а – высокогорье
 - 11-б – среднегорье
- 12 – прибрежные равнины морей Северного Ледовитого океана
 - 12-а – в пределах севера Западной Сибири (ЯНАО)
 - 12-б – в пределах п-ова Таймыр
 - 12-в – в пределах прибрежных равнин республики Саха
 - 12-г – в пределах прибрежных равнин восточной части Восточно-Сибирского моря
- 13 – прибрежные равнины морей Тихого океана
 - 13-а – в пределах прибрежных равнин северной части Берингова моря
 - 13-б – в пределах прибрежных равнин Охотского моря и п-ова Камчатка
 - 13-в – в пределах прибрежных равнин Японского моря
- 14 – Среднесибирское плоскогорье
 - 14-а – северная часть региона
 - 14-б – южная часть региона
- 15 – аккумулятивные, аккумулятивно-денудационные и озерно-аллювиальные равнины таёжной зоны
- 16 – озёрно-аллювиальные равнины зоны недостаточного увлажнения
- 17 – межгорные равнины Дальнего Востока
- 18 – восточный склон Урала
 - 18-а – Северный и Полярный Урал
 - 18-б – Средний и Южный Урал
- 19 – Алтайско-Саянская горная страна
 - 19-а – высокогорье
 - 19-б – среднегорье (включая межгорные котловины)
- 20 – Байкальская горная страна
 - 20-а – высокогорье
 - 20-б – среднегорье (включая межгорные котловины)
- 21 – горные области Северо-Восточной Сибири и севера Дальнего Востока
- 22 – горные области юга Дальнего Востока
- 23 – плато Путорана
- 24 – горы Бырранга и Северной Земли
- 25 – вулканические области Дальнего Востока.

На ухудшении экологического состояния озёр равнинных территорий юга Западной Сибири, а также Дальнего Востока, Среднего и Южного Урала, межгорных котловин Байкальской горной страны могут существенно сказаться климатические изменения. Уменьшение количества атмосферных осадков приведёт к снижению водного стока с водосборных поверхностей, что повлечёт общее снижение озёрных 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 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 более 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.

Существующие планы активного освоения северных территорий (освоение углеводородных месторождений Ямальского и Гыданского полуостровов, Тимано-Печорской нефтегазодобывающей 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 золотоносности 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

ния 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. Наряду с изменениями, затрагивающими ихтиофауну, произойдёт потеря привычных мест гнездования редкой орнитофауны. Кроме того, 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 продолжающего ловить обитающую в озёрно-речных системах рыбу [Румянцев и др., 2018].

Наряду с изменениями качества озёрных вод и снижением биоразнообразия, следует ожидать разнонаправленных изменений количества и площадей арктических озёр.

Что касается крупнейших озёр России, их экологическое состояние будет полностью определяться комплексом водоохранных мероприятий, проводимых в их бассейнах, и в ближайшие десятилетия при строгом соблюдении экологического законодательства может быть даже улучшено. Однако, нельзя не повториться, что в настоящее время экологическое состояние крупнейших озёр России – Байкала, Ладожского и Онежского, продолжает оставаться важнейшей проблемой, особенно на фоне продолжающихся негативных изменений, происходящих в их прибрежных зонах. Крупнейшие озёра России продолжают представлять собой важнейший резерв относительно чистых вод, несмотря на возрастающие экологические проблемы малых и средних водоёмов. В связи с этим их экологическому благополучию необходимо уделять особое внимание.

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

➤ Из-за огромных размеров страны, несмотря на весь опыт исследований, накопленных за столетний период существования лимнологии как самостоятельной отрасли наук, необходимо констатировать, что лимнологическая изученность России остаётся достаточно низкой. Проблема обостряется ещё и тем, что крайне низкой изученностью характеризуются регионы, испытывающее в настоящее время усиливающееся давление на их водные ресурсы. Слабая изученность не позволяет оценить масштаб происходящих процессов и своевременно на них отреагировать;

➤ Благодаря накопленному опыту лимнологических исследований, можно заключить, что лимнологи к настоящему времени, практически научились проводить реабилитацию крупных водных объектов при должной законодательной поддержке и достаточном финансировании. Однако, имеющийся опыт восстановления экологического состояния крупнейших озёр свидетельствует, что выработка необходимых мер требует предварительной комплексной изученности водоёма и без этого невозможна. Реакция на проводимые на водоёмах мероприятия

может существенно различаться, в зависимости от его расположенности в той или иной природной зоне, а также от его морфометрических характеристик;

➤ В настоящее время значительное ухудшение экологического состояния водоёмов происходит в ранее благополучных регионах, таких как европейский северо-восток и азиатский север. Это связано с активным развитием здесь отраслей добывающей и перерабатывающей промышленности, в том числе нефтегазовой, и постоянным расширением географии разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. В то же время северные экосистемы, в силу своей упрощённости, являются наиболее чувствительными и наименее устойчивыми практически к любым загрязнениям. При современном низком уровне лимнологической изученности северных регионов усиливающееся антропогенное воздействие на их водные экосистемы влечёт за собой значительное опасение и при недостаточном к нему внимании может принять необратимый характер. Значительная часть населения северных территорий использует озёра как источник питьевого водоснабжения и пищевых ресурсов. Потребление загрязнённых вод, а также рыбы, содержащей в своём теле канцерогенные вещества, может угрожать здоровью населения. Существующие планы промышленного развития Арктики могут привести к катастрофическим последствиям для экосистем северных озёр, оказавшихся в непосредственной близости к зонам освоения;

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

➤ Низкой лимнологической изученностью характеризуется и ряд центральных регионов страны, где озёрный фонд очень невелик и представлен преимущественно малыми водоёмами. На протяжении последнего столетия в центре и на юге ЕЧР наблюдалось резкое снижение фонда естественных водоёмов и замещения их искусственными. С целью сохранения озёрного фонда центральной и южной части России необходимо повышение уровня сельскохозяйственной практики и повсеместное соблюдение правил рационального землепользования;

➤ Потери озёрного фонда центра и юга ЕЧР невозможны, особенно если какое-либо 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. На этом фоне, требуется усиление лимнологической изученности проблемных территорий, в то время как в реалии, напротив, происходит заметное уменьшение исследований в центре и на юге ЕЧР в сравнении с первой половиной и серединой XX века. На фоне происходящего сокращения озёрного фонда, количество озёр, уже получивших охранный статус, в центральной части ЕЧР должно быть увеличено;

➤ Необходимо отметить, что юридическое закрепление охранного статуса ещё не является решением проблемы. Создание охраняемых водных объектов требует их лимнологического обоснования, а также разработки соответствующих охранных мер. В то же время, на большинстве охраняемых объектов ещё на уровне паспортизации отсутствуют какие-либо лимнологические исследования. Для возможности сохранения итак небольшого фонда естественных водоёмов в наиболее заселённой и освоенной части ЕЧР необходима разработка программы мониторинговых исследований на всех озёрах, получивших особый охранный статус, а также постоянное расширение количества таких объектов. Программа мониторинга позволит отследить процессы, происходящие на озёрах, особая биологическая ценность которых установлена и доказана;

➤ Аналогичная программа мониторинга водных объектов, получивших охранный статус, необходима и для озёр северных территорий. При огромном количестве северных озёр, получивших особый охранный статус, и в условиях усиления промышленной активности на севере Азии, такая программа поможет отследить процессы, происходящие на озёрах, особая биологическая ценность которых уже установлена. В случае несвоевременного начала таких исследований, на многие озёрах, получивших особый охранный статус, по мере нарастания темпов промышленного освоения северных территорий могут начаться необратимые процессы, приводящие к безвозвратной потере их уникальной биоты;

➤ В настоящее время значительные экологические проблемы наблюдаются на озёрах, расположенных на Межгорных равнинах Дальнего Востока. Со стоком р. Амур водоёмы получают избыточное загрязнение не только с российских, но и пограничных территорий. 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 антропогенной нагрузки и нормирование промышленных и сельскохозяйственных сбросов в бассейне р. Амур.

➤ Очень мало внимания уделяется и изучению вопросов изменчивости водных ресурсов озёр, расположенных в зоне недостаточного увлажнения, в то время как озёра таких регионов часто являются важнейшим источником водоснабжения. Как было показано, в ряде об-

ластей зоны недостаточного увлажнения, характеризующихся низкой водообеспеченностью за счёт быстро возобновляемых водных ресурсов, имеют место относительно высокие запасы озёрных вод. В этой связи, обращает на себя внимание недостаточное внимание исследований последних лет к данным системы регулярных наблюдений Госкомгидромета, многие из которых проводились на озёрах, расположенных в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения. Анализ многолетних изменений, происходящих с водными ресурсами озёр в таких регионах, необходим для определения возможностей привлечения озёрных вод для улучшения водоснабжения таких регионов без особого ущерба для озёрных экосистем.

Заключение

В ходе проведённого исследования была 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. Были выявлены общие закономерности распределения озёрного фонда по территории и определяющие их факторы. Был проведён анализ структурных изменений, происходящих с озёрным фондом под влиянием природных и антропогенных факторов.

В процессе работы над диссертацией было установлено и обосновано:

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. Поскольку поверхностные воды суши тесно взаимосвязаны в процессе круговорота воды, оценка фонда естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации была проведена на методологической основе, схожей с оценками возобновляемых водных ресурсов, что позволяет в дальнейшем осуществлять их сопоставление. 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, а также о происходящих с ними структурных изменениях.

В пределах РФ дешифрировано чуть менее 3.8 млн. водоёмов естественного происхождения (в том числе ~1.37 млн. площадью более 1 га) и ~100 тыс. искусственного. Определено, что площадь водной поверхности всех водоёмов составляет ~400 тыс. км², а их водные ресурсы ~26 800 км³. Максимальное количество озёр расположено в пределах субъектов Федерации северо-восточной части Уральского ФО, а наибольшими водными ресурсами озёр благодаря оз. Байкал характеризуются Дальневосточный и Сибирский ФО. Запасы воды в озёрах Северо-Западного округа в сто раз превышают запасы озёрных вод остальных регионов ЕЧР, и только благодаря искусственным водоёмам суммарные водные ресурсы центра и юга ЕЧР существенно увеличены.

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 которых 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 слабо 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 км³ 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, в то же время, 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 озёр-

ных вод. В озёрах, расположенных в зоне недостаточного увлажнения и характеризующихся пониженной водообеспеченностью, суммарно содержится $\sim 37 \text{ км}^3$ воды, в том числе $\sim 20 \text{ км}^3$ – пресной. В зоне достаточного увлажнения в озёрах регионов с пониженной водообеспеченностью содержится $\sim 2.4 \text{ км}^3$ пресной воды. 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 азиатской части России. В сравнении с центром и югом ЕЧР, ситуация здесь в целом более благоприятная, 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 климати-

ческие 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 приведут к существенному росту загрязнения северных озёр. 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 продолжающего ловить обитающую в озёрно-речных системах рыбу.

Экологическое состояние крупнейших озёр России в ближайшие десятилетия будет полностью определяться комплексом водоохранных мероприятий, проводимых в их бассейнах и их продуктивностью, 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 комплексной оценки поверхностных водных ресурсов страны, включающей как речные, так и озёрные воды, и могут быть использованы для выявления происходящих с ними структурных изменений под действием природных и антропогенных факторов. Кроме того, полученные в ходе исследования данные по фонду естественных и искусственных водоёмов могут быть использованы государственными органами, занимающимися водохозяйственным планированием.

Список сокращений

АН СССР – академия наук СССР;

АЧР – азиатская часть России;

БЦБК – Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат;

ВАК – Высшая аттестационная комиссия;

ВМО – Всемирная метеорологическая организация;

ВНИИОЗ - Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия Российской академии сельскохозяйственных наук;

ВНП – валовый национальный продукт;

ВРП – валовый региональный продукт;

ГВР – Государственный водный реестр;

ГГИ – Государственный Гидрологический Институт;

ГИС – геоинформационная система;

ГОК – горно-обогатительный комбинат;

ГосНИОРХ – Государственный научно-исследовательский институт озёрного и речного рыбного хозяйства;

ГЭС – гидроэлектростанция;

ДВО РАН – Дальневосточное отделение Российской академии наук;

ДВФО – Дальневосточный Федеральный округ;

ЕЧР – европейская часть России;

ЗПИ – Западные подстепные ильмени;

ИЗВ – индекс загрязненности вод;

ИНОЗ РАН – Институт озероведения Российской академии наук;

ИППЭС КНЦ РАН - Институтом проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН;

ИС – Информационная система;

КИЗВ - комбинаторный индекс загрязнённости воды;

КНЦ РАН – Карельский научный центр Российской академии наук;

МААН – Международная ассоциация академий наук;

НИИ – научно-исследовательский институт;

НИР – научно-исследовательская работа;

НЦ РАН – научный центр РАН;

п.л. – печатный лист;

ПФО – Приволжский Федеральный округ;

РАН – Российская академия наук;

РГО - Русское географическое общество;

СЗФО – Северо-Западный Федеральный округ;

СКФО – Северо-Кавказский Федеральный округ;

СО РАН – Сибирское отделение Российской академии наук;

СПАВ – синтетические плавающие активные вещества;

СФО – Сибирский Федеральный округ;

УКИЗВ - удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды;

УрО РАН Уральское отделение Российской академии наук;

УФО – Уральский Федеральный округ;

ФГБНУ – Федеральное Государственное бюджетное научное учреждение;

ФГУП ТИНРО – Федеральное Государственное унитарное предприятие Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр

ФО - Федеральный округ;

ЦБК – целлюлозно-бумажный комбинат;

ЦФО – Центральный Федеральный округ;

ЮНЕСКО – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, специализированное учреждение Организации Объединённых Наций по вопросам образования, науки и культуры;

ЮФО – Южный Федеральный округ;

ЯНАО – Ямало-Ненецкий автономный округ;

AWEI - Automated Water Extraction Index - индекс различий воды;

DigitalGlobe – американская компания, коммерческий оператор нескольких гражданских спутников дистанционного зондирования Земли, крупный поставщик результатов спутниковой съёмки и геопространственных данных;

Google Планета Земля – проект компании Google, в рамках которого в сети Интернет были размещены спутниковые изображения всей земной поверхности;

HYDROLARE - Международный центр данных ВМО по гидрологии озёр и водохранилищ;

MNDWI - Модифицированный стандартизованный индекс различий воды, использующий зелёный канал и канал SWIR для улучшения отображения объектов открытых водных пространств;

NDWI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности;

pH - величина водородного показателя воды, представляющего собой отрицательный десятичный логарифм активности или концентрации ионов водорода в растворе;

RUSLAKES – информационная база по озёрам России;

SCOPUS – SciVerse Scopus, библиографическая и реферативная база данных и инструмент для отслеживания цитируемости статей, опубликованных в научных изданиях

SWIR - значения пикселей из коротковолнового инфракрасного канала;

Web of sciences – поисковая интернет-платформа, объединяющая реферативные базы данных публикаций в научных журналах и патентов, в том числе базы, учитывающие взаимное цитирование публикаций;

Wetlands International - международная некоммерческая организация, деятельность которой направлена на сохранение и восстановление водно-болотных угодий;

WORLDLAKE – информационная база по озёрам мира;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация вещества;

A – площадь региона;

$A_{гр}$ – суммарная площадь водной поверхности группы озёр;

$A_{ми}$ – суммарная площадь морфометрически изученных водоёмов;

$A_{мл}$ - суммарная площадь водной поверхности всех малых водоёмов территории;

$A_{мл}$ – суммарная площадь малых водоёмов;

$A_{оп}$ – суммарная площадь озёр, по которым с использованием космических снимков были получены индивидуальные характеристики площадей;

a, b, c – полуоси эллипса;

B – коэффициент, учитывающий снижение средней глубины с уменьшением площади водоёма;

C_i – концентрация загрязняющего вещества,

E – испарение;

H^+ - ионы водорода;

$h_{гр}$ – осреднённые значения глубины для группы озёр;

$h_{мал}$ – средняя глубина озёр наименьшего размера, по которым присутствуют индивидуальные морфометрические характеристики;

$h_{оз}$ - средняя глубина озера;

$h_{оср}$ - осреднённая глубина озёр рассматриваемой территории;

$k_s=0.8$ – безразмерный коэффициент;

K – показатель, характеризующий отношение площади оцениваемого региона к суммарной площади выборочных квадратов;

K_y - коэффициент увлажнения по Н. Н. Иванову;

l – длина озера;

n – количество «выборочных квадратов»;

OH^- - гидроксид-ионы;

R – количество атмосферных осадков;

S – характерный масштаб площади ($км^2$),

S_e – площадь эллипса;

$S_e^* = S_e/S$ – безразмерная площадь эллипса;

S_l – площадь озера ($км^2$);

$S_{кв}$ – площадь «выборочных квадратов»;

$S_{оз}$ - площадь зеркала озера;

S_{pz} – площадь оцениваемого региона;

V – водные ресурсы территории;

$V_{вч}$ – объём средних и малых водоёмов, по которым площади были определены по космическим снимкам, но данные по глубинам отсутствовали;

$V_{гр}$ – объём воды конкретной группы озёр;

$V_{ми}$ – суммарный объём морфометрически изученных озёр с хорошо известными и уточнёнными характеристиками запасов воды;

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

$V_{мл}$ - объём воды малых водоёмов;

$V_{он}$ – суммарный объём всех больших, средних и малых водоёмов, по которым площади были определены по космическим снимкам и имеются данные по глубинам;

w – ширина озера;

$\beta=0.99$ – показатель степени;

Литература

Алёкин О.А. К вопросу о химической классификации природных вод // Вопросы гидрохимии. Труды НИУ ГУГМС. Сер. 4. Вып. 32. 1946. С. 25–39.

Алёкин О.А., Драбкова В.Г., Коплан-Дикс И.С. Проблема эвтрофирования континентальных вод // Антропогенное эвтрофирование природных вод. Черноголовка, 1983. С. 6–9.

Аленицын В.Д. Очерк Троицко-Челябинских озёр Оренбургской губернии и их ихтиологической фауны // Тр. Петербургского общества естествоиспытателей. 1874. Т.5. Вып.1. С. 1 – 78.

Андреев А.П. Ладожское озеро. В 2 ч. Ч. 1-2. СПб.: Тип. Морского министерства, 1875. Ч.1. 263 с.; Ч.2. 135 с.

Андреев В.П., Рябова В.Н., Сороколетова Е.Ф., Шарыгин А.А. К оценке состояния озёр и рек Норильско-Пясинской системы // Экологическая химия. 2003. Т.12. Вып.3. С. 171-178.

Андреева М.А. Озёра Среднего и Южного Урала. Челябинск, 1973. 270 с.

Анучин Д.Н. Озера области истоков Волги и Верховьев Западной Двины // Землеведение. 1898. Т. 5. Кн. 1–2. С. 109–164.

Апонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Щур Л.А., Филимонов В.С., Назаров В.А. Современное состояние озера Ханка по некоторым гидробиологическим и гидрофизическим показателям // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 535–558.

Асташин А.Е. Морфометрическая характеристика озёр Воротынского Заволжья Нижегородской области как один из факторов установления их генезиса // Инновационные процессы в современной географии: научные и образовательные аспекты: мат. межд. науч.-практич. конф., Н. Новгород: ООО Типография «Поволжье», 2012. С. 117-125.

Атлас Вологодской области. СПб., Череповец, 2007. 108 с.

Атлас мирового водного баланса // Приложение к монографии «Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли». М.-Л.: Гидрометеиздат, 1974. 65 карт.

Атлас СССР. М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1983. 260 с.

Афанасьев Е.А., Антипова Л.Ф., Концевая Н.Я., Мельник М.М., Михайлов А.Е., Тарасова С.Г., Смирнова Е.Н., Ястремский В.В. Современное состояние экосистемы Псковско-Чудского озера // Северо-Запад России: проблемы экологии и устойчивого развития. Псков, 1997. С. 144-159.

Бабкин В.И., Воскресенский К.П. Методические основы расчёта водных ресурсов и водного баланса территории СССР. Тр. ГГИ. 1977. Вып. 241. С. 11-28.

Бабкин В.И., Вуглинский В.С. Водный баланс речных бассейнов. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 192 с.

Байкал. Природа и люди: Энциклопедический справочник / Отв. ред. Тулохонов К.К. Улан-Удэ, 2009. 606 с.

Баканина Ф.М., Воротников В.П., Лукина Е.В., Фридман Б.И. Озера Нижегородской области. Нижний Новгород, 2001. 165 с.

Баранович М. Материалы для географии и статистики России, собранные офицерами Генерального штаба. Рязанская Губерния. СПб., 1860. 560 с.

Батиметрическая карта озера Орон // Иркутская область: экологические условия развития. Атлас. М., Иркутск: СО РАН Институт географии, 2004. 92 с.

Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири. Аналитический обзор. Новосибирск, 2007. 87 с.

Берг Л.С., Игнатов П.Г. Солёные озёра Селеты-Денгиз, Теке и Кызыл-Как Омского уезда: физико-географический очерк Л. Берга и П. Игнатова // Записки Западно-Сибирского отдела Императорского Русского географического общества. Кн. 28. М., 1901. 161 с.

Бикбулатов Э.С., Бикбулатова Е.М., Литвинов А.С., Поддубный С.А. Гидрология и гидрохимия озера Неро. Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2003. 192 с.

Биологическая продуктивность Ивано-Арахлейских озёр // Записки Забайкальского филиала ГО СССР / Отв. ред. Б.А. Шишкин и А.И. Сизиков. Вып. 80. Чита, 1972. 161 с.

Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях // Тр. СахНИРО. Ю-Сах.: СахНИРО, Т.4. 2002. 296 с.; Т. 5. 2003. 282 с.; Т. 6. 2004. 364 с.; Т.7. 2005. 432 с.; Т. 8. 2006. 312 с.; Т.12. 2011. 232 с.

Биопродуктивность Баунтовских озёр Бурятии // Сб. научных трудов ГОСНИОРХ. Л.: 1987. Вып. 272. 190 с.

Биопродуктивность эвтрофных озёр Иркана и Котокель бассейна озера Байкал // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. Л.: 1988. Вып. 279. 151 с.

Биопродукционные факторы абиотической среды в водоёмах разного трофического типа // Сборник научных трудов ГОСНИОРХ. Л.: 1981. Вып. 164. 120 с.

Биоразнообразие экосистем Полярного Урала. Сыктывкар, 2007. 251 с.

Биоразнообразие экосистем плато Путорана и сопредельных территорий // Сб. научных трудов. М.: Россельхозакадемия, 2007. 315 с.

Биоресурсы водных экосистем Полярного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 168 с.

Биоресурсы Онежского озера / Сост. В. И. Кухарев, А. А. Лукин. Петрозаводск: Изд. Карельского НЦ РАН, 2008. 272 с.

Близняк Е.В., Андреев В.Г. Исследование озёр и водохранилищ в СССР // Труды III Всесоюзного Гидрол. Съезда. Л.: Гидрометеиздат, 1958. т. I, С. 124-131.

Богданов В.Д., Богданова Е.Н., Госькова О.А., Мельниченко И.П. Ретроспектива ихтиологических и биологических исследований на Ямале. Екатеринбург, 2000. 88 с.

Большаинов Д.Ю., Павлов М.В. Определение времени Малого ледникового периода в различных частях российской Арктики по данным изучения донных озёрных отложений // Изв. РГО. 2004. Т. 136, вып.4. С. 37-50.

Большаинов Д.Ю., Макаров А.С., Морозова Е.А., Павлов М.В., Саватюгин Л.М. Развитие природной среды полярных областей Земли последнего тысячелетия по данным изучения донных отложений озёр // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 1. С. 108-115.

Бонк Т.В. Видовой состав *Rotatoria* некоторых озёр Камчатского полуострова и Корякского нагорья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука, 2003. С. 235–241.

Борисенко И.М., Пронин Н.М., Шайбонов Б.Б. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. 196 с.

Боруцкий Е.В. Общий очерк водоёмов Мещерской низменности // Тр. Косинской биол. станции Моск. общества испыт. природы. М.: Главнаука, 1928. Вып. 7-8. С. 7–24.

Босиков Н.П. Эволюция аласов Центральной Якутии. Якутск, 1991. 127 с.

Брыксина Н.А., Кирпотин С.Н. Ландшафтно-космический анализ изменения площади и количества термокарстовых озёр в зоне многолетней мерзлоты Сибири // Вестник Томского гос. Ун-та. Биология. 2012. Вып. 4 (20). С.185-194.

Бугаев В.Ф., Кириченко В.Е. Нагульно-нерестовые озёра азиатской нерки. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2008. 280 с.

Быков. Б.А. Экологический словарь. Алма-Ата: Наука, 1983. 216 с.

Бэр К.М. Материалы для истории рыболовства в России и в принадлежащих ей морях // Учен. зап. Имп. Акад. наук по первому и третьему отд-ниям. СПб., 1854. Т.2. С. 465-544.

Васьковский Н.Г. Гидрологический режим озера Ханка. Л., Гидрометеиздат, 1978. 174с.

Ветров В.А., Кузнецова А.И. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал. Новосибирск: Изд. СО РАН, 1997. 237 с.

Вода России. Электронная научно-популярная энциклопедия [электронный ресурс] Режим доступа: <https://water-ru.ru/> (дата обращения 14.07.2018).

Водные ресурсы и водный баланс территории СССР. Л.: Гидрометеиздат. 1967. 199 с.

Водные ресурсы Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карельско-финляндского сотрудничества / Ред. Н.Н. Филатов, А.В. Литвиненко и др. Петрозаводск: Изд. Карельского НЦ РАН, 2006. 263 с.

- Водные ресурсы России и их использование /Ред. Шикломанов И.А. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
- Водные экосистемы Урала, их охрана и рациональное использование / отв. ред. М.Г. Баянов и др. Свердловск, 1986. 133 с.
- Водные экосистемы Урала, их охрана и рациональное использование / отв. ред. М.И. Ярушина и др. Свердловск, 1989. 156 с.
- Волков А.Ф. Зоопланктон озера Эворон и некоторых водоёмов его придаточной системы. Владивосток: Из-во ДВГУ, 1961. 97 С.
- Воронков. Н.А. Основы общей экологии. М.: Агар, 1999. 96 с.
- Воронцовский П.А. Планктон горных озёр Южного Урала // Изв. ИРГО. Вып. 25. 1916. С. 125-126.
- Воскресенский К.П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 548 с.
- Воскресенский С.С. Геоморфология Сибири. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. 352 с.
- Вотинцев К.К. Гидрохимия озера Байкал. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 311 с.
- Вуглинский В.С. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР. Ленинград, Гидрометеиздат, 1991. 224 с.
- Гавриленко Г.М., Мельников Д.В., Овсянников А.А. Современное состояние термального озера в активном кратере вулкана Горелый (Камчатка). // Мат. конф., посвящ. 100-летию экспедиции Рябушинского 22-27 сентября 2008 г. Петропавловск-Камчатский, 2009. С. 86-95.
- Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. Москва: Мысль, 1978. 498 С.
- Гельмерсен Г.П. Телецкое озеро и телеуты Восточного Алтая // Горный журнал. 1840. Т. I. Кн. 1. С. 41 – 61; Кн. 2. С. 239 – 261; Кн. 3. С. 421 – 446. Т. II. Кн. 4. С. 17 – 57.
- География озёр Таймыра / Отв. ред.: В. Н. Адаменко, А. Н. Егоров. Л.: Наука, 1985. 222 с.
- Георгиевский В.Ю., Коронкевич Н.И., Алексеевский Н.И. Водные ресурсы и гидрологический режим рек РФ в условиях изменения климата // Тезисы пленарных докладов VII Всероссийского гидрологического съезда. С.-Пб.: Росгидромет, 2013. С. 26-32.
- Гидрохимия рек и озёр в условиях резко континентального климата // Сб. научных трудов. Владивосток: ДВНЦ РАН СССР, 1977. 127 с.
- Гидрофауна и гидробиология водоёмов бассейна оз. Байкал и Забайкалья. Бурятский филиал СО АН СССР, 1980. 113 с.
- Глазовский Н.Ф. Глобальные закономерности распределения ресурсоёмкости экономики // Изв. РАН. Серия географическая. 1992. № 3. С. 12 – 22.

Гольд З.Г., Глущенко Л.А, Морозова И.И. Оценка качества вод по химическим и биологическим показателям: пример классификации показателей для водной системы р. Черёмушный Енисей // Водные ресурсы. 2003. Т.30, №3. С. 335–345.

Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 1 – 20. Л.: Гидрометеиздат, 1969 – 1978.

Государственный водный реестр [электронный источник]. Режим доступа: <http://www.textual.ru/gvr/> (дата обращения 14.05.2017).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 г.» [электронный источник]. Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 10.04.2018).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 г.» [электронный источник]. Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 10.04.2018).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 г.» [электронный источник]. Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 10.04.2018).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 г.» [электронный источник]. Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 10.04.2018).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2013 г.» [электронный источник]. Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 10.04.2018).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 г.» [электронный источник]. Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 10.04.2018).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 г.» [электронный источник]. Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 10.04.2018).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 г.» [электронный источник]. Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 28.10.2018).

Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране». 2014 г. Иркутск: Сибирский филиал ФГУНПП «Росгеолфонд», 2014. 436 с.

Грачев М.А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал. Новосибирск: Изд. СО РАН, 2002. 157 с.

Гриценко О.Ф., Богданов М.А., Стыгар В.М., Ковнат Л.С., Ведищева Е.Н., Грузевич А.К., Савваитова К.А., Кузицин К.В., Груздева М.А., А.М. Трухин. Водные биологические ресурсы северных Курильских островов / Под ред. О.Ф. Гриценко. М.: ВНИРО, 2000. 163 с.

Гурский Ю.Н. Анализ экологических проблем Российского Севера на примере комплексного геолого-геохимического изучения Норило-Пясинской водной системы // Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от Обручева В.А., Усова М.А., Урванцева Н.Н. до наших дней: мат. Всерос. форума с межд. Участием. Томск, 2013. С. 479–482.

Данилевский Н.Я. Исследования о Кубанской дельте // Записки ИРГО. СПб: типография В. Безобразова, 1869. Т. 2. 704 с.

Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 351 с.

Державин А.Н. *Malacostraca* пресных вод Камчатки // Русский гидробиологический журнал. 1923. Т. II. С. 8–10.

Державин А.Н. *Cammaridae* Камчатской экспедиции 1908–1909 гг. // Русский гидробиологический журнал. 1927. Т. VI. С. 8–10.

Дмитриев В.В. Диагностика и моделирование водных экосистем. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1995. 215 с.

Дмитриева В.А., Нестеров Ю.А., Зайцев В.В. Гидрография Воронежской области и её основные черты // Вестник ВГУ, серия география, геоэкология. 2008. Вып. 2. С. 106–111.

Доклад "О состоянии и использовании водных ресурсов РФ в 2007 году". Среднегодовые осадки в России. [электронный источник]. Режим доступа: <http://protown.ru/information/hide/2850.html> (дата обращения 10.11.2016).

Докучаев В.В. Оро- и гидрография Нижегородской губернии. Озера Нижегородской губернии // Материалы к оценке земель Нижегородской губернии. Т. XIII. Глава I. СПб., 1886. 87 с.

Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. СПб.: Типография Е. Евдокимова. Б. Итальянская. № 11. 1892. 118 с.

Долгушин Л.Д., Кеммерих А.О. Горные озёра Приполярного и Полярного Урала // Изв. АН СССР. Сер географ. наук. 1959. Вып. 5. С. 76-82.

Доманицкий А.П., Дубровина Р.Г., Исаева А.И. Реки и озёра Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 104 с.

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.

Драбкова В.Г., Измайлова, А.В. Оценка изменения состояния вод крупнейших озёр и водохранилищ Российской Федерации // География и природные ресурсы. 2014. Вып. 4, с. 22-29.

Дубанов И.С. Озёра Чувашской Республики. Чебоксары: Клио, 2000. 76 с.

Думнич Н.В., Болотова Н.Л., Борисов М.Я., Лобуничева Е.В., Коновалов А.Ф., Тропин Н.Ю. Итоги деятельности Вологодской лаборатории ФГНУ «ГосНИОРХ» (1973–2008 гг.). Вологда, 2008. 196 с.

Ендрихинский А.С. Плейстоценовые озёрные отложения гор Путорана // Геология и геофизика. 1972. Вып. 2. С. 75-85.

Ермолаев В.И., Визер Л.С. Современное экологическое состояние озера Чаны (Западная Сибирь) // География и природные ресурсы. 2010. Вып. 2. С. 40-46.

Ефремов Ю.В. Генетическая классификация горных озёр Западного Кавказа // Сборник работ Ростовской гидрометеорологической обсерватории, 1980. Вып. 17. С. 109-118.

Ефремов Ю.В. Голубое ожерелье Кавказа. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 160 с.

Ефремов Ю.В., Панов В.Д. Динамика ледников и развитие гляциальных озёр Большого Кавказа // Изв. РГО. 1985. Т. 117. Вып. 4. С. 336-430.

Зайков Б.Д., Белинков С.Ю. Среднегодовое стока рек СССР // Тр. ГГИ. 1937. Вып. 2. 50 с.

Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР // Тр. НИУ ГУГМС. Сер. IV. 1946. Вып. 24. 43 с.

Земцов А.А., Мизеров Б.В., Николаев В.А. Суходровский В.Л., Белецкая Н.П., Гриценко А.Г., Пилькевич И.В., Синельников Д.А. Рельеф Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука Сибирское отделение, 1988. 192 с.

Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков (состояние и динамика). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 337 с.

Иванов А.В., Трофимова Л.Н. Гидрохимия озёр Центрального Забайкалья. Владивосток, 1982. 139 с.

Иванов Н.Н. Ландшафтно-климатические зоны Земного шара // Зап. ВГО, нов. сер. 1948. Вып.1. 224 с.

Иванов П.В. Классификация озёр по величине и по их средней глубине // Бюл. ЛГУ, 1948. № 21. С. 29–36.

Иванов В.В., Румянцева Е.В. Многолетняя изменчивость годового стока воды и химических веществ Норило-Пясинской водной системы в условиях антропогенного воздействия // Вода: химия и экология. 2011. № 12. С. 23-28.

Иванов А.В., Трофимова Л.Н. Гидрохимия озёр Центрального Забайкалья. Владивосток, 1982. 139 с.

Измайлова А.В. Водные ресурсы, водопотребление и водообеспеченность Северо-Американского континента: дис. на соискание степени кандидата географических наук. С.Пб., 1999. [на правах рукописи]. 210 с.

Измайлова А.В. Озерно-ресурсный потенциал Европейской части России, возможность его рационального использования // Водная стихия: опасности, возможности прогнозирования, управления и предотвращения угроз: Тр. Всерос. научн. конф. Новочеркасск: ЛИК, 2013. С. 444-451.

Измайлова А.В. Результаты новой оценки ресурсов озёрных вод Российской Федерации // Роль пространства в модернизации России: природный и социально-экономический потенциал: Тр. итог. конф. по Программе Президиума РАН № 31. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2014. С. 67-70.

Измайлова А.В. Водные ресурсы озёр Северо-Западного федерального округа: количественная и качественная оценка, перспективы использования // География: развитие науки и образования: Кол. Моногр. по матер. Междунар. научно-практич. конф. LXVIII Герценовские чтения. С-Пб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена. 2015 (а). С. 184-188.

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.»: Тр. конф., Петрозаводск, 2015 (б). Том 1. С. 420-427.

Измайлова А.В. Вклад искусственных водоёмов в величину озёрных водных ресурсов Российской Федерации // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: Тр. Международной научно-практической конференции. Том 1. Гидро- и геодинамические процессы. Управление водными ресурсами. Пермь, 2015 (в). С. 204-209.

Измайлова А.В. Критерии региональной оценки качества озёрных водных ресурсов // Общество. Среда. Развитие. 2015 (а). Вып. 4. С. 176 – 181.

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. Москва: Медиа-Пресс, 2015 (б). С. 26-41.

Измайлова А.В. Изменения водного фонда центра и юга европейской территории России за последние полстолетия // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: Тр. научной конф. с межд. участием. Москва, 2015 (в). С. 286-290.

Измайлова А.В. Динамика изменения качества воды крупнейших пресноводных озёр Российской Федерации // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: Тр. научной конф. с межд. участием. Ростов-на-Дону, 2015 (г). Часть 1, С. 221-226.

Измайлова А.В. Озёрные водные ресурсы европейской части Российской Федерации // Водные ресурсы. 2016 (а). Том 43. Вып. 2. С. 122-133.

Измайлова А.В. Водные ресурсы озёр Российской Федерации // География и природные ресурсы. 2016 (б). Вып. 4. С. 5-14.

Измайлова А.В. Водные ресурсы озёр российской части бассейна Северного Ледовитого океана // Вопросы географии, вып. 142. 2016 (в), С. 123-141.

Измайлова А.В. Современное состояние озёрного фонда европейской части России // Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Мат. V Межд. научной конф., Минск-Нарочь. М.: Изд. центр БГУ. 2016 (г). С. 364-365.

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-практической конф. Улан-Удэ, 2016 (д). С. 151-156.

Измайлова А.В. Современное состояние озёрного фонда азиатской части России // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Тр. Всерос. конф. Барнаул, 2017 (а). Том 1. С. 100-110.

Измайлова А.В. Оценка пространственной и временной неоднородности водных ресурсов озёр Российской Федерации // Водные ресурсы: Новые вызовы и пути решения : Мат. Всерос. конф. с межд. участием, г. Сочи. Новочеркасск: Лик, 2017. С. 192-199.

Измайлова А.В. Озёрные водные ресурсы азиатской части Российской Федерации // Водные ресурсы. 2018 (а). Т. 45, Вып. 5. С. 453–462.

Измайлова А.В. Озёра России. Закономерности распределения, ресурсный потенциал. С.-Пб.: Папирус, 2018 (б), 288 с.

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

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.

Измайлова А.В., Драбкова В.Г. Сравнительный анализ качества вод крупнейших озёр и водохранилищ Российской Федерации // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: Матер. Межд. научно-практич. конф. Том 2. Химический состав и качество воды. Геоэкология и водная экология. Пермь, 2015 (а). С. 76-81.

Измайлова А.В., Драбкова В.Г. Проблемы качества озёрных водных ресурсов европейской части России // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: сб. научной конф. с межд. участием. Москва 2015 (б). С. 409-413.

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 конф. Минск-Нарочь. М.: Изд. центр БГУ, 2016 (в). С. 75-77.

Измайлова А.В., Корнеев Н.Ю. Новая оценка озёрного фонда Российской Федерации: первые результаты // География: традиции и инновации в науке и образовании: кол. монография по матер. Межд. научно-практич. конф. LXVII Герценовские чтения. С-Пб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена. 2014. С. 232-235.

Измайлова А.В., Корнеев Н.Ю. Результаты новой оценки озёрных водных ресурсов России // География: развитие науки и образования: кол. моногр. по матер. Межд. научно-практич. конф. LXIX Герценовские чтения. С-Пб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена. 2016. С. 274-278.

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 межд. участием, г. Сочи. Новочеркасск: Лик, 2017. С. 363-368.

Измайлова А.В., Кудерский Л.А. Влияние водопотребления на состояние озёрного фонда аридных зон // Труды VI Гидрологического Съезда. Секция 3. Водный баланс, ресурсы поверхностных вод, гидрологические последствия хозяйственной деятельности и изменений климата; уязвимость и адаптация социально-экономической сферы. Ч. 2, 2008. С. 92-100.

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

Измайлова А.В., Ульянова Т.Ю. Информационная система «Озера России» // Водное хозяйство России. 2014. Вып. 6, С. 21-28.

Инструкция для исследования озёр // Императорское русское географическое общество. Постоянная комиссия по изучению озёр России. Тип. В. Ф. Киршбаума, 1908. 297 с.

Исаченко А.Г., Шляпников А.А. Природа мира: Ландшафты. М.: Мысль, 1989. 504 с.

Исследования водных экосистем Восточной Сибири // Биоразнообразие Байкальского региона / Тр. Биол.-почв. фак-та ИГУ. Иркутск, 2000. Вып.3. 126 с.

История больших озёр Центральной Субарктики / Под ред. Ю.П. Пармузина, Г.И. Галазия. Новосибирск, 1981. 140 с.

История озёр в плейстоцене // Тезисы докладов IV Всесоюзного симпозиума по истории озёр. Т.2. Л., 1975. 196 с.

Кадастр особо охраняемых природных территорий республики Алтай. Барнаул, 2014. 498 с.

Каминский В.С. Состав и качество поверхностных вод: Понятие «качество» воды // Основы прогнозирования качества поверхностных вод. М.: Наука, 1982. С. 6-22.

Карпов Г.М., Шевырёв С.Л. Космический мониторинг как средство отслеживания изменений открытых водоёмов крайнего Севера // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: мат. второй Всерос. конф. с межд. участием. Владивосток, 2015. С. 575-578.

Карюхин А.А. Методическая специфика исследований озёр кальдерного типа, подверженных влиянию современного активного вулканизма // Комплексные исследования озера Курильского. Владивосток, 1986. С. 98-107.

Каталог озёр Карелии / Под ред. С.В. Григорьева, Г.Л. Грицевской. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1959. 240 с.

Каталог озёр и рек Карелии / Под ред. Н.Н. Филатова, А.В. Литвиненко. Петрозаводск: Изд. Карельского НЦ РАН, 2001. 290 с.

Каталог озёр Мурманской области. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 146 с.

Кашулин Н.А. Даувальтер В.А., Кашулина Т.Г., Сандимиров С.С., Раткин Н.Е., Кудрявцева Л.П., Вандыш О.И., Мокротоварова О.И., Королева И.М. Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. Ч.1: Ковдорский район. Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН, 2005. 234 с.

Кашулин Н.А. Даувальтер В.А., Сандимиров С.С., Раткин Н.Е., Терентьев П.М., Королева И.М., Вандыш О.И., Кудрявцева Л.П. Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. Ч.2: Озерно-речная система реки Чуна в условиях аэротехногенного загрязнения. Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН, 2007. 238 с.

Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Кашулина Т.Г., Малиновский Д.Н., Вандыш О.И., Ильяшук Б.П., Кудрявцева Л.П. Антропогенные изменения водных

систем Хибинского горного массива (Мурманская область). Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН, 2008-2009. Т. 1. 250 с.; Т. 2. 282 с.

Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Кашулина Т.Г., Малиновский Д.Н., Вандыш О.И., Ильяшук Б.П., Кудрявцева Л.П. Экологический каталог озёр Мурманской области: северо-западная часть Мурманской области и приграничные территории сопредельных стран. Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН, 2009. 226 с.

Кашулин Н.А., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Кашулина Т.Г., Малиновский Д.Н., Вандыш О.И., Ильяшук Б.П., Кудрявцева Л.П. Аннотированный экологический каталог озёр Мурманской области [в 2 частях]. Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН, 2010. Ч. 1., Ч. 2. 128 с.

Кимстач В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 48 с.

Книга по Большому Чертежу или Древняя Карта Российского государства, поновлённая в разряде и списанная в книгу 1627 году, Издание Д.И. Языкова. СПб.: типография Императорской Российской Академии, 1838. 290 с.

Кожов М.М. Пресные воды Восточной Сибири (бассейн Байкала, Ангары, Витима, верхнего течения Лены и Нижней Тунгуски). Иркутск: Иркут. обл. гос. изд-во, 1950. 368 с.

Кожов М.М. Очерки по Байкаловедению. Иркутск, 1972. 254 с.

Кожова О.М., Бейм А.М. Экологический мониторинг Байкала. М.: Экология, 1993. 351 с.

Козлов Д.Н., Рашидов В.А., Коротеев И.Г. Морфология бухты Броутона (о. Симушир, Курильские острова) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012. № 2. Вып. 20. С. 71-77.

Колесников Б.П. Горные озёра Сихотэ-Алиня // Известия ВГО. 1936. Т. 68, №5. С. 666-676.

Колмогоров А. Озёра Тихвинского уезда // Землеведение. 1907. Кн. 3-4. С. 3-40.

Комаренко Л.Е. Планктон бассейна реки Яны. М.: Наука, 1968. 151 с.

Комплексные оценки качества поверхностных вод / Под ред. А.М. Никанорова. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 139 с.

Константинов А.Ф., Ефимов А.С. Предварительные результаты обследования озера Большое Токо // Вопросы энергетики Якутской АССР. Якутск: Якутское кн. изд-во, 1973. С. 189-203.

Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С. Сравнение состояния водных ресурсов и антропогенного воздействия на них в Европейской и Азиатской частях России // Известия РГО. 2017. Т. 149. Вып. 4. С. 1-12.

Кочков Н.В., Рянжин С.В. Методика оценки морфометрических характеристик озёр с использованием спутниковой информации // Водные ресурсы. 2016. Т.43. Вып 1. С. 1-6.

Кравцова В.И., Родионова Т.В. Исследование динамики площади и количества термокарстовых озёр в различных районах криолитозоны России по космическим снимкам // Криосфера Земли. 2016. Т. 20. Вып. 1. С. 81-89.

Кравцова В.И., Тарасенко Т.В. Динамика термокарстовых озёр Центральной Якутии при изменении климата с 1950 г. // Криосфера Земли. 2011. Т. 15. Вып. 3. С. 31 – 42.

Кравцова Л.С., Ижболдина Л.А., Ханаев И.В., Помазкина Г.В., Домышева В.М., Кравченко О.С., ак. Грачев М.А. Нарушение вертикальной зональности зелёных водорослей в прибрежной части залива Лиственничный озера Байкал // Доклады Академии наук. 2012. Т. 447. Вып. 2. С. 227-229.

Крашенинников С.П. Описание земли Камчатки. СПб: Имерат. Академия наук, 1755. Том 1. 438 с.

Кривопалова З.Ф. Антропогенная водных объектов Южного Урала и пути их реконструкции // Проблемы экологии Южного Урала. 1995. Вып. 1. С. 21-25.

Крохин Е.М., Куренков И.И. Рыбохозяйственное освоение Кроноцкого озера // Лососевое хозяйство Дальнего Востока. М.: Наука, 1964. С. 100–105.

Крохин Е.М., Куренков И.И. Авачинские озёра // Изв. ТИНРО. 1967. Т. 57. С. 187–198.

Ксенофонтова М.И. Геоэкологическая оценка современного состояния озёр Центральной Якутии: автореф. дисс. на соискание степени канд. геогр. наук. СПб, 2009. [на правах рукописи]. 23 с.

Кузнецова-Молявка Н.А. К познанию рыбного хозяйства в озёрах Псковской края // Сб. Псковского общества краеведения. Вып.2. Псков: Издание Псковского общества краеведения, 1925. С. 9.

Кукушкин, И.А. Некоторые особенности горно-таёжного лимногенеза на примере озера Амут (Хабаровский край) // Экологические и экономико-географические аспекты краеведческой подготовки учителей географии: Межвузовский сборник научных трудов. Хабаровск, 1991. С. 126 –132.

Кукушкин И.А., Кукушкина Е.В. Генезис и морфология ландшафтно-лимнических геосистем Нижнего Приамурья // Проблемы современной науки: сб. научных трудов. Вып. 3. Ставрополь: Центр научного знания «Логос», 2012. С.25-34.

Куренков И.И. Зоопланктон озёр Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 2005. 178 с.

Кучин, И.В. Рыболовство и рыболовный промысел на зауральских и предуральских озёрах. СПб., 1910. 80 с.

Кучмент Л.С. Модели процессов формирования речного стока. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 143 с.

Ладога / Ред. Румянцев В.А., Кондратьев С.А. СПб.: Нестор-История, 2013. 468 с.

- Ладожское озеро. Атлас. СПб.: ИНОЗ РАН. 2002. 128 с.
- Ладожское озеро – прошлое, настоящее, будущее. СПб.: Наука, 2002. 327 с.
- Ладожское озеро и достопримечательности его побережья: Атлас / Ред. В.А. Румянцев. СПб.: Нестор-История, 2015. 200 с.
- Лебедев, В.Н. Отчёт об экскурсионном исследовании Зауральских озёр летом 1907 г. // Известия ИРГО. 1909. Т. XLV. Вып. X. С. 645–709.
- Лебедев В.Н. Воды юго-восточной Камчатки. Ч.1. Озёра. М.: Типография т-ва Рябушинских, 1915. 312 с.
- Лебедев В.Н. Дневник гидрологических работ на Камчатке в 1908–09 гг. // Камчатская экспедиция Рябушинского. Зоолог. отдел. 1916. Вып. 1. С. 344–432.
- Левшина С.И. Органическое вещество поверхностных вод бассейна Среднего и Нижнего Амура. Владивосток: Дальнаука, 2010. 144 с.
- Легостаева Я.Б., Сивцева Н.Е., Дягилева А.Г., Ксенофонтова М.И., Томская Л.А., Ябловская П.Е. Эколого-геохимическая оценка состояния территорий наиболее крупных населённых пунктов Якутии // Проблемы региональной экологии. Смоленск: Изд-во Маджеста, 2011. Вып. 4. С. 49-54.
- Лезин В.А. Водные ресурсы рек и озёр Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. Вып. 12. С. 62-66.
- Лезин В.А., Тюлькова Л.А. Озёра Среднего Приобья (комплексная характеристика). Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1994. 278 с.
- Леонов В. Озёра бассейна рр. Пры, Поля и Ялмы в Рязанской губернии // Землеведение. 1899. Кн. 3. С. 61–77.
- Лесневский И.В. Озёра Витебской губернии (Невельский уезд). Землеведение. 1901. Вып. 1. С. 157 – 182.
- Лесненко В.К. Псковские озера. Л.: Лениздат, 1988. 111 с.
- Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала. Новосибирск, 1977. 309 с.
- Литоральная зона Ладожского озера / под ред. Е.А. Курашова. СПб.: Нестор-История, 2011. 416 с.
- Лосев К.С. Вода. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 272 с.
- Лукин А.А., Даувальтер В.А., Новосёлов А.П. Экосистема реки Печоры в современных условиях. Апатиты: КНЦ РАН, 2000. 192 с.
- Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М.: Мысль, 1974. 448 с.
- Маныч-Чограй: история и современность (предварительные исследования) / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Ростов-на-Дону: Изд. Эверест, 2005. 147 с.

Медведева Л.А. Альгофлора Солонцовских озёр Сихотэ-Алинского заповедника // Сихотэ-Алинский биосферный район: фоновое состояние природных компонентов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. С. 49–70.

Мельник М.М., Ястремский В.В. Многолетние изменения в структурно-функциональной организации планктона и зообентоса в Псковско-Чудском озере // Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озёр: тр. IV Межд. симп. по Ладожскому озеру. СПб.: Изд-во НИИ химии СПбГУ, 2003. с.152-157.

Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям. РД 52.24.643-2002. [электронный источник]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200039667/> (дата обращения 03.02.2015).

Методы теории чувствительности в автоматическом управлении. Л.: Энергия, 1971. 344 с.

Миддендорф А.Ф. Путешествие на Север и Восток Сибири: Север и Восток Сибири в естественно-историческом отношении. СПб.: Тип. Императорской Академии наук. Ч. 1, отд. 1: География и гидрография. 1860. 242 с.

Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. Европейская часть. М.: Высшая школа, 1975. 376 с.

Мингазова Н.М., Котов Ю.С. Казанские озёра, исторический обзор. Казань, 1989. 174 с.

Мировой водный баланс и водные ресурсы земли. / Ред. коллегия: В. И. Корзун (пред.). Л.: Гидрометеиздат, 1974. 637 с.

Михеев И.Е., Матюгина Е.Б. Факторы риска для популяции окуня *Perca fluviatilis* (озеро Арахлей Забайкальский край) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. Вып. 1(5). С. 1317–1320.

Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А., Дину М.И. Закисление вод: факторы, механизмы и экологические последствия. М.: Наука, 2003. 276 с.

Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Формирование химического состава вод озёр в условиях изменения окружающей среды. М.: Наука, 2010. 267 с.

Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Лукин А. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра. М.: Наука, 2002. 400 с.

Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 261 с.

Молокоедова Е.А. Приморская погода: Экологическое состояние озера Ханка. [электронный источник]. Режим доступа: www.primpogoda.ru/article.aspx?id=29 (дата обращения 07.09.2014).

Мониторинг биоты полуострова Ямал в связи с развитием объектов добычи и транспорта газа. Екатеринбург: УРЦ «Аэрокосмоэкология», 1997. 192 с.

Мониторинг состояния озера Байкал / Под ред. Ю.А. Израэля, Ю.А. Анохина. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 261 с.

Науменко М.А. Новое определение морфометрических характеристик Ладожского озера // Доклады Академии наук. 1995. Т. 345. Вып. 4. С. 514-517.

Национальный атлас России. Том 2. Природа и экология. М.: ФГУП ГОСГИСЦЕНТР, 2004. 495 с.

Нестерёва М.И. Возникновение и распространение термокарстовых озёр на территории Якутии // Молодой учёный. 2012. №9. С. 79-82.

Нечаева Е.Г. Гидрохимическая обстановка в таёжном Обь-Иртыше // География и природные ресурсы. 1994. Вып. 1. С. 110-117.

Николаев А.С., Николаева Е.Т. Некоторые аспекты лимнологической классификации нервовых озёр Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. Вып.1. Ч.1. Петропавловск-Камчатский, 1991. С. 3–17.

Новиков А.В. К планктону зауральских озёр // Записки УОЛЕ. 1910. Т. 30. С. 166–180.

Обзор экологического состояния озера Чаны (Западная Сибирь) // Отв. ред. О.Ф. Васильев, Я. Вейн. Новосибирск, 2015. 256 с.

Обязов В.А. Изменения климата в междуречье Аргуни и Онона в контексте глобального потепления // Вестник Забайкальского государственного университета. 2011. Вып. 7. С. 78-85.

Обязов В.А. Смахтин В.К. Ледовый режим рек Забайкалья в условиях изменяющегося климата // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. Вып. 3. С. 227-234.

Одум Ю. Экология: В 2-х т. М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с. Т. 2. 376 с.

Озеро Котокельское: природные условия, биота, экология / Отв. ред. Пронин Н.М., Убугунов Л.Л. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 340 с.

Озеро Убинское (биологическая продуктивность и перспективы рыбохозяйственного использования). СПб.: ГосНИОРХ, 1994. 144 с.

Озеро Чаны. Гидрология, гидрохимия, гидробиология, орнитология (материалы к изучению) / Безматерных Д.М., Двуреченская С.Я., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Кириллов В.В., Кириллова Т.В., Марусин К.В., Митрофанова Е.Ю., Пестова Л.В., Попов П.А., Юрлова Н.И., Яновский А.П. Новосибирск: ИВЭП СО РАН, 2007. 40 с.

Озеро Южный Аграхан: проблемы экологической реабилитации / под ред. Э.М. Эльдарова, М.А. Гуруева. Махачкала: Изд. Дом «Эпоха», 2014. 156 с.

Озерецковский Н.Я. Путешествие по озёрам Ладожскому и Онежскому Н. Озерецковского. С. Петербург : печ. в тип. Имп. акад. наук, 1792. 2-ое издание: Путешествие академика Н. Озерецковского по озёрам Ладожскому, Онежскому и вокруг Ильменя. СПб: печ. в тип. Имп. акад. наук, 1812. 559 с.

Озерецковский Н.Я. Путешествие на озеро Селигер. СПб: печ. в тип. Имп. акад. наук, 1817. 194 с.

Озёра Баргузинской долины. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 165 с.

Озёра Карелии. Природа, рыбы и рыбное хозяйство: справочник / Ред. коллегия: Б.М. Александров и др. Петрозаводск: Госиздат Карел. АССР, 1959. 620 с.

Озёра Карелии. Справочник / Под ред. Н.Н. Филатова, В.И. Кухарева. Петрозаводск: Изд. Карельского НЦ РАН, 2013. 464 с.

Озёра Нижнего Поволжья и Арало-Каспийской низменности. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1961. 258 с.

Озёра Псковской губернии: (Их естественно-историческая характеристика и экономическое значение) : С картограммой озёрных районов / сост. О.А. Шкапский, под ред. [и с предисл.] Н.М. Кислякова ; Стат. отд-ние Псков. губ. зем. управы. Псков: Типография Псковского губернского земства, 1912. 157 с.

Озёра Северо-Запада Сибирской платформы. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е. 1981. 190 с.

Озёра Среднего Поволжья. Л.: Наука, 1976. 236 с.

Озёра Хакасии и их рыбохозяйственное значение / Науч. ред. Г.П. Сигиневич. Красноярск, 1976. 206 с.

Озёра Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования. Ярославль, 1970. 388 с.

Онежское озеро. Атлас. / Отв. ред. Н.Н. Филатов и др. Петрозаводск: Изд. Карельского НЦ РАН, 2010. 151 с.

Онежское озеро: Экологические проблемы / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск, 1999. 292 с.

Осипов В.И. Генезис и морфология озёрных котловин Западно-Сибирской низменности // Изв. ВГО. 1960. Т.92. Вып. 3. С.227-234.

Особенности структуры экосистем озёр Крайнего Севера (На примере озёр Большеземельской тундры) / Отв. ред. В.Г. Дробкова, И.С. Трифонова. СПб.: Наука, 1994. 260 с.

Остроумов А.Г. Нерестовые озёра Камчатки // Вопросы географии Камчатки. 1985. Т.9. С.47-56.

Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озёр: Тр. IV Междунар. симп. по Ладожскому озеру. Великий Новгород, 2002. СПб., 2003.

Оценка состояния водных и наземных экологических систем: Экологические проблемы Прибайкалья. Новосибирск, 1994. 164 с.

Падалко Ю.А., Павлейчик В.М. Выявление сезонных и многолетних вариаций площади озёр Южного Зауралья на основе спутниковых изображений LANDSAT (предварительные результаты исследования) // Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика): Мат. V межд. конф. молод. учёных. Т.1. Петрозаводск, 2016. С. 60-67.

Пармузин Ю.П. Средняя Сибирь. М.: Мысль, 1964. 310 с.

Пармузин Ю.П. Современные рельефообразующие процессы и генезис озёрных котловин // Путоранская озёрная провинция. Новосибирск, 1975. С. 64-97.

Пармузин Ю.П. Морфологические черты озёр // Озёра Северо-Запада Сибирской платформы. Новосибирск, 1981. С. 15-21.

Пармузин Ю.П., Карпов Г.В. Словарь по физической географии. Учебное издание. М.: Просвещение, 1994. 367 с.

Пестрякова Л.А. Типологическое значение морфометрических показателей Центральной Якутии // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озёр криолитозоны (на примере Центральной Якутии). Якутск: ЯГУ, 1983. С. 89-96.

Пестрякова Л.А. Диатомовые комплексы озёр Якутии: Монография. Якутск: Изд-во ЯГУ, 2008. 197 с.

Пестрякова Л.А., Субетто Д.А., Дикманн Б. К палеолимнологии озёра Биллях (Верхоянские горы) // Наука и образование. 2009. Вып. 2. С.22-25.

Пичугин М.Ю., Гриценко О.Ф., Осинев А.Г. О морфологическом разнообразии южной мальмы *Salvelinus malma krascheninnikovi* из водоёмов Сахалина // Вопросы ихтиологии. 2008. Т. 48. Вып. 3. С. 337–360.

Полищук Ю.М. Шаронов Д.С. Дистанционные исследования изменчивости формы береговых границ термокарстовых озёр в зонах многолетней мерзлоты горного Алтая // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. Вып. 1. С. 52-55.

Попов. А.И. Некоторые вопросы палеогеографии четвертичного периода в Западной Сибири // Вопросы географии. 1949. Вып. 12. Историческое землеведение. С. 29-54.

Поползин А.Г. Озера юга Обь-Иртышского бассейна. Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1967. 350 с.

Проблемы химического и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского Севера. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1995. 230 с.

Пульсирующее озеро Чаны. Л.: Наука, 1982. 304 с.

Раковская Э.М., Давыдова М.И. Физическая география России (Азиатская часть, Кавказ и Урал). М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. 304 с.

Реки и озера мира. Энциклопедия. М.: Энциклопедия, 2012. 927 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 1. Кольский полуостров. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1969. 134 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 1. Кольский полуостров. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 316 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1965. 700 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Части 1-3 / Ч. 1 Л.: Гидрометеиздат, 1972. 528 с.; Ч. 2 Л.: Гидрометеиздат, 1972. 279 с.; Ч. 3 Л.: Гидрометеиздат, 1972. 959 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 3. Северный край. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1965. 612 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 3. Северный край. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 644 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 4. Прибалтийский район. Вып. 3. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 507 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье Ч. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 619 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 7. Донской район. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1964. 267 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 7. Донской район. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 460 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 8. Северный Кавказ. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1964. 290 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8. Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 450 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 9. Закавказье и Дагестан. Вып.3. Дагестан. Л.: Гидрометеиздат, 1964. 76 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9. Закавказье и Дагестан. Вып. 3 Дагестан. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 299 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 10. Верхне-Волжский район. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 463 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 11. Средний Урал и Приуралье. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 847 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып.1. Нижнее Поволжье. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 287 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. / Вып. 1. бассейн р. Волги ниже г. Чебоксары Л.: Гидрометеоздат, 1971. 408 с.; Вып. 2 Урало-Эмбинский район. Л.: Гидрометеоздат, 1970. 149 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь / Вып. 1. Горный Алтай и Верхний Иртыш. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 216 с.; Вып. 2. Средняя Обь. Л.: Гидрометеоздат, 1967. 351 с.; Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь. Л.: Гидрометеоздат, 1964. 432 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 16. Ангаро-Енисейский район / вып. 1. Енисей. Л.: Гидрометеоздат, 1967. 312 с.; вып. 2. Ангара. Л.: Гидрометеоздат, 1965. 224 с.; вып. 3. Бассейн озера Байкал (Забайкалье). Л.: Гидрометеоздат, 1966. 159 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 17. Ленско-Индигорский район / вып. 1. Верхняя Лена. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 170 с.; вып. 2. Средняя Лена. Л.: Гидрометеоздат, 1965. 164 с.; вып. 3. бассейн р. Алдан. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 210 с.; вып. 4. Бассейн р. Лены от устья р. Алдан до устья р. Вилюй и бассейн р. Вилюй. Л.: Гидрометеоздат, 1964. 128 с.; вып. 5. Нижняя Лена. Л.: Гидрометеоздат, 1965. 120 с.; вып. 6. Р. Хатанга, Анабар и Оленёк. Л.: Гидрометеоздат, 1964. 222 с.; вып. 7 Яна, Индигирка. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 328 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 18. Дальний Восток / вып. 1. Амур. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 487 с.; вып. 2. Нижний Амур. Л.: Гидрометеоздат, 1970. 592 с.; вып. 3. Приморье. Л.: Гидрометеоздат, 1963. 83 с.; вып. 4. Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометеоздат, 1964. 124 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 19. Северо-Восток. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 602 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 260 с.

Родевич В.М. Водные ресурсы СССР и их использование // Изв. ГГИ Вып. 44/45, 1932. С. 10-63.

Родионова Т.В. Исследование динамики термокарстовых озёр в различных районах криолитозоны России по космическим снимкам: дисс. ... канд. геогр. наук. М., 2013. 195 с.

Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. 336 с.

Россолимо Л.Л. Изменение лимнических систем под воздействием антропогенного фактора. М.: Наука, 1977. 165 с.

Россия XVIII в. глазами иностранцев. Л.: Лениздат, 1989. 544 с.

Рудой А.Н., Земцов В.А. Моделирование гидравлических характеристик дилuviальных потоков из позднечетвертичного Чуйско-Курайского ледниково-подпрудного озера // Лёд и снег. 2010. Вып. 1 (109). С. 111-118.

Рузский М.Д. О пелагической фауне озера Кабан // Тр. об-ва естествоиспытателей при Каз. Гос. ун-те. 1889. Т. 19. Вып. 4. 31 с.

Румянцев В.А., Измайлова А.В., Ульянова Т.Ю. Информационная система “Озёра Земли” // Изв. РГО. 2009. Т. 141. Вып. 3. С. 8-14.

Румянцев В.А., Драбкова В.Г., Измайлова А.В. Большие озёра в условиях полярных и умеренных широт Земли // Изв. РГО. 2010. Т. 142. Вып. 3. С. 11-18.

Румянцев В.А., Драбкова В.Г., Измайлова А.В. Большие озёра Европы: ресурсный потенциал и экологические проблемы // Изв. РГО. 2011. Т. 143. Вып. 2. С. 1-14.

Румянцев В.А., Драбкова В.Г., Измайлова А.В. Великие озёра мира. С.-Пб.: Лема. 2012. 372 с.

Румянцев В.А., Драбкова В.Г., Измайлова А.В. Крупнейшие озера мира и перспективы их практического использования // Вестник российской академии наук. 2014. Т. 84. Вып. 1. С. 41–51.

Румянцев В.А., Драбкова В.Г., Измайлова А.В. Озёра европейской части России. С.-Пб.: Лема. 2015. 390 с.

Румянцев В.А., Драбкова В.Г., Измайлова А.В. Озёра азиатской части России. С.-Пб.: Своё издательство. 2017. 435 с.

Румянцев В.А., Измайлова А.В., Драбкова В.Г., Кондратьев С.А. Современное состояние и проблемы озёрного фонда европейской части России // Вестник Российской Академии Наук. 2018 (а). Т. 88. Вып. 6. С. 539 – 550.

Румянцев В.А., Измайлова А.В., Крюков Л.Н. Состояние водных ресурсов озёр Арктической зоны Российской Федерации // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018 (б). Т. 64. Вып. 1. С. 84-100.

Рыбин А.В., Чибисова М.В., Коротеев И.Г. Проблемы мониторинга вулканической активности на Курильских островах // Вестник ДВО РАН. 2010. Вып. 3. С. 64-72.

Рыжков Л.П. Озёра бассейна северной Ладogi. Петрозаводск: ПетрГУ, 1999. 204 с.

Рянжин С.В. Создание WORLDLAKE – базы данных по озёрам и водохранилищам мира для широких лимнологических исследований // Фундаментальные исследования взаимодействия суши, океана и атмосферы: Тр. Всерос. Юбил. Конф. М.: Макс Пресс, 2002. С. 239-240.

Рянжин С.В. Новые оценки глобальной площади и объёма воды естественных озёр мира // Доклады РАН. 2005 (а). Том 401. Вып. 2. С. 253-257.

Рянжин С.В. Много ли на Земле озёр? // Природа. 2005 (б). Вып. 4. С. 18-25.

Сабанеев Л.П. Жизнь рыб и рыболовство в Зауральских озёрах. М.: Тип. В. Готье, 1870. 145 с.

Саввинов Д.Д., Миронова С.И., Босиков Н.П., Анисимова Н.П., Аверенский А.И., Гаврильева Л.Д., Гоголева П.А., Дмитриев А.И., Жирков Ф.Н., Исаев А.П. Аласные экосистемы: структура, функционирование, динамика. Новосибирск: Наука, 2005. 264 с.

Савченко Н.В. Озёра южных равнин Западной Сибири. Новосибирск, 1997. 300 с.

Свирелин А.А. Переславское озеро. Рыбная слобода и рыбная ловля на озере // Архив исторических и практических сведений, относящихся до России. Изд. А. Калачёвым. Кн. 5. СПб., 1863. 120 с.

Селегей В.В. Телецкое озеро: очерки истории: в 3 кн. Кн. 3. Барнаул: Пять плюс, 2011. 224 с.

Селегей В.В., Селегей Т.С., Маринин А.М., Маринин А.А. Концептуальные взгляды исследователей на происхождение котловины Телецкого озера // Алтай и финский географ Й-Г. Гране: матер. Международной научно-практич. Конференции. Барнаул, 2013. С. 6-11.

Сементовский В.Н. Озёра и реки Ильменского хребта // Учёные записки Казанского университета, 1907. Кн. 10. С. 45–70.

Сементовский В.Н. Горные озера Урала // Изв. Императорского Геогр. о-ва. 1917. Т.50. Вып. 5–6. С. 277–340.

Семёнов Тянь-Шанский П.П. Географо-статистический словарь Российской империи. В 4 томах. СПб.: Издательство: Тип. В. Безобразова и Комп. Изданием члена-соревнователя А. Н. Турубаева /Т.1. 1863. 727 с.; Т. 2. 1865. 898 с.; Т. 3. 1873. 873 с.; Т.4. 1885. 1003 с..

Скориков А.С. Озёрное рыболовство в Барабинском районе // Материалы к познанию русского рыболовства. Т. II. Вып. 8. СПб, 1913. С. 32-39.

Скориков А.С. Современное состояние и нужды рыболовства Барабинского озёрного района // Вестник рыбопромышленности. 1914. № 9 – 11. С. 155–172.

Смагин А.И. Экология промышленных водоёмов предприятия ядерного топливного цикла на Южном Урале. Озерск: Редакционно-издательский центр ВРБ, 2007. 190 с.

Современное состояние водных объектов Республики Карелия /Ред. Н.Н.Филатов, Т.П. Куликова, П.А. Лозовик. Петрозаводск: Изд. Карельского НЦ РАН, 1998. 188 с.

Содовые озера Забайкалья: экология и продуктивность / Локоть Л.И., Стрижова Т.А., Горлачёва Е.П. и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 216 с.

Соколов А.А. Гидрография СССР. Гидрометеиздат, Л., 1952. 287 с.

Соколов С.Н. Озера Повенецкого уезда // Землеведение. Том XII. 1906. С. 126 – 140.

Солоноватые и солёные озёра Забайкалья: гидрохимия, биология / Ред. Б.Б. Намсараев. Улан-Удэ, 2009. 340 с.

Состояние водных объектов Республики Карелия по результатам мониторинга 1998-2006 гг. Петрозаводск: Изд. Карельского НЦ РАН, 2007. 210 с.

Состояние экосистемы озера Неро в начале XXI века / отв. редактор В.И. Лазарева. М.: Наука, 2008. 406 с.

Спижарный И.И. К морфометрии некоторых озёр Мещерской низменности // Тр. Косинской биол. станции Моск. общества испыт. прир. Вып. 7-8. М.: Главнаука, 1928. С. 27–37.

Справочник по водным ресурсам СССР / под ред. Б. И. Скачкова. Т. 2: Северный край. Л.: ЦУЕГМС, 1934. 666 с.

Справочник по водным ресурсам СССР / под ред. И.К. Семёнова. Т. 4: Среднее Поволжье. Л.: РИО ЦУЕГМС, 1935. Ч. 1. 473 с.; Ч. 2. 809 с.

Справочник по водным ресурсам СССР / под ред. Н.В. Симонова Т. 5: Нижнее Поволжье. Центральное бюро водного кадастра. Л.: ИГГИиЦБВК, 1934. 681 с.

Справочник по водным ресурсам СССР / под ред. Л.К. Давыдова Т. 6: Донской район. Л.: РИО ЦУЕГМС, 1936. 494 с.

Справочник по водным ресурсам СССР / под ред. Б.Л. Гржегоржевского Т. 10: Северный Кавказ. Л.: РИО ЦУЕГМС, 1936. 1094 с.

Справочник по водным ресурсам СССР / под ред. Л.К. Давыдова. Т. 12: Урал и Южное Приуралье. Л.: РИО Гидрометслужбы СССР, 1936. Ч. 1. 664 с.; Ч. 2. 960 с.

Справочник по водным ресурсам СССР / под ред. Л.К. Давыдова Т. 15: Западная Сибирь. Л.: РИО Гидрометслужбы СССР, 1937. 896 с.

Справочник по водным ресурсам СССР / под ред. В.М. Родевича. Т. 16: Лено-Енисейский район. Л.: РИО ЦУЕГМС, 1936. Вып. 1. 890 с.; Вып. 2. 1216 с.

Справочник по водным ресурсам СССР / под ред. А.М. Рубина. Т. 17: Лено-Индибирский район. Л.: РИО ЦУЕГМС, 1936. 433 с.

Стеллер Г.В. Описание земли Камчатки. Лейпциг, 1774 г. / Переведено и переиздано – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 1999. 576 с.

Стрельбицкий И.А. Исчисление поверхности Российской Империи в общем её составе в царствование императора Александра II. / произвёл полк. И. Стрельбицкий изд. Военно-учёного комитета Главного штаба. СПб.: Тип. Имп. акад. наук, 1874. VIII, 249 с., 2 л. карт.

Сулин В.А. Условия образования, основы классификации и состав природных вод. Изд. АН СССР, 1948. 108 с.

Тарасова Е.Н., Мещерякова А.И. Современное состояние гидрохимического режима оз. Байкал. Новосибирск: Наука, 1992. 143 с.

Телецкое озеро: научно-информационное издание / отв. ред. Е.Ю. Митрофанова, В.В. Кириллов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 28 с.

Теоретические вопросы классификации озёр /под ред. Н.П. Смирновой. СПб.: Наука, 1993. 186 с.

Теория и практика восстановления внутренних водоёмов. СПб.: Лема, 2007. 394 с.

Тимошкин О.А., Бондаренко Н.А., Волкова Е.А., Томберг И.В., Вишняков В.С., Мальник В.В. Массовое развитие зелёных нитчатых водорослей родов *Spirogyra* Link и *Stigeoclonium* Kutz. (Chlorophyta) в прибрежной зоне Южного Байкала // Гидробиологический журнал. 2014. Вып. 5. С.15–26.

Типология и биоразнообразие карстовых озёр Среднего Поволжья (коллективная монография) / под ред. Мингазовой Н.М. Казань: изд-во Казан ун-та, 2009. 225 с.

Токарский М.А. Озёрные руды окрестностей Сямозера и Кончезера как материал для сталелитейного и железоделательного завода в селении Кондопога Олонецкой губернии Петрозаводского уезда. Петрозаводск, 1899. 94 с.

Трахтенберг И.М., Сова Р.Е., Шефтель В.О., Оникиенко Ф.А. Проблемы нормы в токсикологии. М.: Медицина, 1991. 208 с.

Уникальные экосистемы солонатоводных карстовых озёр Среднего Поволжья. Казань: Изд. Казанского ун-та, 2001. 254 с.

Уфимцев Г.Ф., Иванов А.В. Типизация, закономерности размещения и условия образования озёр Нижнего Приамурья. Хабаровск, 1991. 37 с.

Уфимцев Г.Ф., Щетников А.А., Алексеенко С.Н. Озёра Нижнего Амура. Статья 1: География и типы озёр // Геоморфология. 2005. Вып. 1. С. 82-97; Статья 2: Геоморфология и морфотектоника озёрных котловин // Геоморфология. 2005. Вып. 1. С. 97-107.

Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" / Принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года, одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года. 31 с.

Флоренсов Н.А., Агафонов Б.П., Пармузин Ю.П. Проблемы Байкала // Тр. Лимнол. ин-та АН СССР СО. 1978. 295 с.

Фонд водоёмов Псковской области. По отчётным данным Псковского отделения ФГНУ ГОСНИОРХ, 2008 год [электронный источник]. Режим доступа: <http://priroda.pskov.ru/fishery> (дата обращения 07.11.2011).

Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. Материалы Федеральной службы государственной статистики на 1 января 2018 года. [The population of the Russian Federation by municipalities. Materials of the Federal State Statistics Service on January 1, 2018] [электронный источник]. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce (дата обращения 12.08.2018).

- Шикломанов И.А., Маркова О.Л. Проблемы водных ресурсов и перебросок стока в мире. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 196 с.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
- Шкапский О.А. Некоторые черты рыбацких хозяйств на Псковском водоёме. Псков: Электр. типолит. Псков. Губ. Зем., 1913. 35 с.
- Шмидт П.Ю. Работы Зоологического отдела на Камчатке в 1908 – 1909 гг. М., 1916. 434 с.
- Щелкановцев П. Я. О некоторых озёрах в бассейне р. Миасса: Южный Урал // Землеведение. 1903. Кн. 2 – 3. С. 48 – 73.
- Щукарев С.А. Попытка общего обзора грузинских вод с геохимической точки зрения // Труды Гос. ин-та курортологии. М.: Медиздат, 1934. Т.4.
- Эдельштейн К.К. Гидрология озёр и водохранилищ. М.: Перо. 2014. 400 с.
- Экологическое состояние континентальных водоёмов Северных территорий. / Гл. ред. В.А. Румянцев. СПб.: Наука, 2005. 373 с.
- Экология озера Большое Миассово / под ред. А.Г. Рогозина, В.А. Ткачёва. Миасс, 2000. 318 с.
- Экология озера Тургойк / под ред. В.А. Ткачёва, А.Г. Рогозина. Миасс, 1998. 153 с.
- Экосистема озера Плещеево. Л.: Наука, 1989. 264 с.
- Экосистема озера Ильмень и его поймы. СПб.: Изд-во СПб Ун-та, 1997. 275 с.
- Эколого-продукционные особенности озёр различных ландшафтов Южного Урала / под ред. В.Г. Драбковой. Л.: Наука, 1978. 212 с.
- Яковлева Л.В. Осадконакопление и седиментация вещества в озёрах // Изменения в системе «водосбор-озеро» под влиянием антропогенного фактора. Л.: Наука, 1983. С. 155-178.
- Ярушина М.И., Танаева Г.В., Ерёмкина Т.В. Флора водорослей водоёмов Челябинской области. Екатеринбург, 2004. 308 с.
- A new bathymetric map of Lake Baikal. INTAS Project 99-1669. Team, October 2002. Ghent University, Ghent, Belgium; Consolidated Research Group on Marine Geosciences (CRG-MG), Univ. of Barcelona, Spain; Limnological Institute of the Sib. Br. RAS, Irkutsk, Russian Federation; State Science Research Navigation-Hydrographic Inst. of the Ministry of Defense, St. Petersburg, Russian Federation. Morphometric data. [электронный источник]. Режим доступа: <http://users.ugent.be/~mdbatist/intas/morphometry.htm> (дата обращения 10.10.2014).
- Baumgartner A. and Reichel E. The world water balance: Mean Annual Global, Continental and Maritime Precipitation, Evaporation and Run-Off. Amsterdam; New York: Elsevier Scientific, 1975. 179 p.
- Cleve P.T. The diatoms of Finland // Acta soc. Fauna et Flora Fenn. 1891. V. 8. P. 1–70.

Comprehensive assessment of the freshwater resources of the World: Assessment of water resources and water availability in the World /sci. lead and editor I.A. Shiklomanov. World Meteorological Organization, Stockholm. 1997. 88 p.

Downing J.A., Prairie Y.T., Cole J.J., Duarte C.M., Tranvick L.J., Striegel R.G., McDowell W.H., Kortelainen P., Melack J.M. & J.J. Middleburg. The global abundance and size distribution of lakes, ponds and impoundments// *Limnology and Oceanography*. 2006. 51. P. 2388-2397.

Elton Ch.S., Miller R.S. The Ecological Survey of Animal Communities: With a Practical System of Classifying Habitats by Structural Characters // *The Journal of Ecology* 1954. 42 (2). P. 460–496.

Forel F.-A. Le Léman. Monographie limnologique. Lausanne : F. Rouge. V. 1. 1892. 539 p.; Vol. 2. 1895. 651 p.; Vol. 3. 1904. 715 p.

Forschungsreise durch Sibirien 1720—1727. Tagebuchaufzeichnungen / Hrsg. von E.Winter, G.Uschmann, G.Jarosch. Berlin: Akademie-Verlag, 1962—1968. T. 1, 1962. 380 p. ; T.2, 1964. 272 p. ; T.3, 1966. 274 p. ; T.4, 1968. 284 p.

Hirn E.K. Die Finnlandiahen Zygmemanceen // *Acta Soc. Fauna et Flora Fenn.* 1895. V. 11. P. 1–24.

Hubberten H.W., Andreev A., Astakhov V.I. et al. The periglacial climate and environment in Eurasia during the Last Glaciation // *Quatern. Sci. Rev.* 2004. V. 23. P. 1333-1357.

Izmailova A.V. Lake water resources of the European part of the Russian Federation // *Water Resources*. 2016 (a). Vol. 43, №2. P. 259–269.

Izmailova A.V. Water resources of the lakes of Russia // *Geography and Natural Resources*. 2016 (b). №4. P. 281-289.

Izmailova A.V. Lake Water Resources in the Asian Part of the Russian Federation // *Water Resources* 2018 (a). V. 45, №5. P. 633–641.

Izmailova A. The Lake Fund of Russian Federation, spatial heterogeneity and established trends // *Proc. of 17th World Lake Conf., Lake Kasamigaura, Ibaraki, Japan, October 2018* (b) P. 284 – 287.

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

Levander K.M. Zur Kenntnis des Planctons einiger Binnenseen in Russich Lapland // *Festschrift f. Palmen. Heisingfors*, 1905. V. 1. P. 1–40.

Mangerud J., Jakobsson M., Alexanderson H. et al. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation // *Quatern. Sci. Rev.* 2004. V. 23. P. 1313-1332.

Maslenikova O., Mangerud J. Where was the outlet of the ice-dammed Lake Komi, Northern Russia // *Global and Planetary Change*. 2001. V. 31. P. 337-345.

Meybeck M. Global distribution of lakes// *Physics and Chemistry of Lakes*. Berlin, Heidelberg, 1995. P. 1—36.

Moss B., Johnes P., Phillips G. The monitoring of ecological quality and the classification of standing waters in temperate regions // *Biological Reviews* 1996. 71 (2). P. 301–339.

Nace R. L. World water inventory and control /Ed. R. J.Chorley// *Water, Earth and Man*. London, 1969. P.31—42.

Noges T., Laugaste R., Loigu E. et al. Is the destabilisation of Lake Peipsi ecosystem caused by increased phosphorus loading or decreased nitrogen loading? // *Proc. of Diffuse Pollution Conf. Dublin*, 2003. P. 8-1 – 8-7.

Richard J. Note sur les peches effectuees par M.Ch. Rabot dans les lacs Enara, Imandra et dans le Kolozero // *Bil. Soc. zool. Fr.*, 1889. V. 14. P. 100–104.

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

Ryanzhin S.V. Global Statistics for surface area and water storage of natural world lakes // *Verhein Intern. Verhein Limnol.* 2006. V. 29, N 2. P. 640 – 645.

Shiklomanov I.A., Balonishnikjva J.A. World water use and water availability trends, scenarios, consequences. *IAHS Publ. №281*, 2003. P. 358-364.

Tamrazyan G. P. Total lake water resources of the planet// *Bull. Geolog. Soc. Finland*. 1974. V.46. №1. P. 23—27.

Verpoorter Ch., Kutser T., Seekell D. A., and Tranvik L. J. A global inventory of lakes based on high-resolution satellite imagery// *Geophysical Research Letters*. 2014. 41(18). P. 6396-6402.

Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources / ed. by Peter H. Gleick foreword by Gilbert F. White. New York ; Oxford : Oxford University Press, 1993. 473 p.

Wetzel R. G. *Limnology*/ 2nd ed. Saunders College Publishing, Philadelphia, 1983. 860 p.

Williams, P., Whitfield M., Biggs J., Bray S., Fox G., Nicolet P., Sear D. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England // *Biological Conservation*. 2004. 115 (2). P. 329–341.

World Water Resources at the Beginning of 21st Century / Ed. Shiklomanov I.A., Rodda J.C. Cambridge University Press, 2003. 450 p.

Приложения

Приложение 1. Сводная таблица о характере данных, использованных при расчёте водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации

Субъект федерации	Кол-во крупных водоёмов с известными морфометрическими параметрами	Кол-во оцифрованных водоёмов, превышающих заданную площадь (км ²)				Кол-во оцифрованных озёр, превышающих заданную площадь (км ²) с данными по глубинам воды				Кол-во малых озёр в "выборочных квадратах"	Число "выборочных квадратов"
		>100	10-100	1-10	<1	>100	10-100	1-10	<1		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Республика Карелия	21	–	164	1491	–	–	62	130	–	8960	88
Архангельская область	1	–	34	445	–	–	21	37	–	9240	70
Ненецкий авт. округ	–	1	32	469	–	1	4	11	–	20240	83
Республика Коми	–	–	3	127	–	–	3	16	–	–	124
Ленинградская область	3	–	24	244	3450	–	22	92	95	384	90
Псковская область	3	–	9	204	2920	–	9	204	2625	230	91
Новгородская область	2	–	6	89	203	–	6	27	–	–	93

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вологодская область	6	–	24	138	136	–	22	52	17	464	117
Калининградская обл.	–	–	1	5	445	–	1	2	32	425	44
Северо-Западный ФО	41	4	375	4321	7154	4	174	618	2769	54433	870
Тверская область	4	–	21	115	113	–	21	67	21	409	100
Ярославская область	4	–	1	12	27	–	1	7	7	408	105
Костромская область	4	–	–	5	26	–	–	4	5	540	105
Ивановская область	1	–	1	8	115	–	1	4	14	338	71
Владимирская область	–	–	–	14	72	–	–	6	11	347	70
Московская область	5	–	2	49	164	–	2	31	41	697	87
Смоленская область	3	–	1	24	231	–	0	17	32	407	94
Калужская область	–	–	–	9	59	–	–	4	9	192	55
Тульская область	4	–	–	3	73	–	–	2	12	240	45
Рязанская область	1	–	1	20	278	–	1	7	22	488	70
Тамбовская область	2	–	–	15	266	–	–	6	21	332	63
Липецкая область	2	–	–	13	143	–	–	4	–	120	43
Орловская область	–	–	–	4	130	–	–	1	9	135	43
Брянская область	1	–	–	5	193	–	–	4	19	392	62
Курская область	2	–	2	17	310	–	1	5	14	185	52
Белгородская область	2	–	–	32	214	–	–	7	14	145	49
Воронежская область	1	–	–	32	346	–	–	11	19	521	72

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Центральный ФО	36	0	29	377	2760	0	27	187	270	5896	1186
Респ. Башкортостан	3	–	3	50	32	–	3	21	7	462	44
Кировская область	1	–	–	12	78	–	–	4	7	705	55
Республика Марий Эл	1	–	1	4	57	–	1	2	21	186	49
Республика Мордовия	–	–	–	2	54	–	–	0	8	460	55
Нижегородская область	1	–	–	25	32	–	–	16	–	938	40
Оренбургская область	2	–	4	33	39	–	3	8	7	711	55
Пензенская область	2	–	–	4	87	–	–	2	6	606	59
Пермский край	3	–	3	17	49	–	3	9	2	724	57
Самарская область	5	–	–	26	106	–	–	9	12	1072	57
Саратовская область	2	–	1	18	40	–	1	5	6	866	48
Республика Татарстан	4	–	–	20	59	–	–	12	28	820	74
Республика Удмуртия	3	–	–	6	30	–	–	4	6	339	40
Ульяновская область	2	–	–	1	22	–	–	1	6	164	47
Республика Чувашия	2	–	–	1	40	–	–	0	5	451	37
Приволжский ФО	31	0	12	219	725	0	11	93	121	8504	717
Ростовская область	4	–	3	52	589	–	3	16	37	316	83
Республика Адыгея	1	–	–	6	81	–	–	2	11	75	52
Краснодарский край	2	4	20	143	523	4	9	26	28	386	146
Волгоградская область	3	–	8	28	470	–	6	7	22	712	97

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Республика Калмыкия	2	–	18	171	370	–	7	24	19	485	90
Астраханская область	1	–	6	152	390	–	2	19	16	786	85
Крым	–	–	10	36	120	–	6	21	32	36	43
Южный ФО	13	4	65	588	2543	4	33	115	165	2796	596
Ставропольский край	4	–	7	72	431	–	4	15	22	318	83
Республика Дагестан	3	–	2	39	151	–	2	7	17	94	72
Республика Чечня	–	–	–	2	32	–	–	1	9	84	50
Республика Ингушетия	–	–	–	–	2	–	–	–	0	11	24
Республика Северная Осетия	–	–	–	–	30	–	–	–	8	36	37
Респ. Кабардино-Балкария	–	–	–	–	51	–	–	–	12	49	41
Респ. Карачаево-Черкесия	1	–	–	2	205	–	–	1	17	26	48
Северо-Кавказский ФО	8	0	9	115	902	0	6	24	85	618	355
<i>ЕЧР</i>	<i>129</i>	<i>8</i>	<i>490</i>	<i>5620</i>	<i>14084</i>	<i>8</i>	<i>251</i>	<i>1037</i>	<i>3410</i>	<i>72247</i>	<i>3724</i>
Ямало-Ненецкий а. о.	–	9	120	3920	–	4	8	16	–	131100	300
Ханты-Мансийский а. о.	–	5	173	3060	–	2	11	15	–	76260	243
Тюменская обл.(собств.)	–	1	35	545	–	1	7	19	–	4450	79
Свердловская область	2	1	25	184	–	0	17	34	–	707	102
Челябинская область	2	–	55	252	–	–	45	59	–	365	99
Курганская область	–	–	42	490	–	–	14	66	–	824	86

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Уральский ФО	4	16	450	8451	0	7	102	209	0	213706	906
Омская область	–	2	18	255	–	2	11	56	–	589	77
Новосибирская область	1	5	32	438	–	4	21	104	–	675	91
Алтайский край	2	3	24	228	–	3	15	63	–	510	92
Томская область	–	–	9	375	–	–	6	19	–	3910	97
Кемеровская область	2	–	2	15	22	–	2	5	6	174	79
Республика Алтай	1	–	1	40	33	–	1	15	7	756	76
Республика Хакасия	2	–	6	29	29	–	6	9	7	215	72
Республика Тыва	1	–	16	97	98	–	11	7	6	1460	92
Иркутская область	6	–	1	32	51	–	1	8	8	1200	101
Республика Бурятия	3	1	14	100	122	1	10	17	11	2390	98
Забайкальский край	–	2	14	76	62	2	14	32	14	1210	125
Красноярский край	5	19	156	3630	–	11	27	34	–	52470	323
Сибирский ФО	23	32	293	5315	417	23	125	369	59	65559	1323
Амурская область	2	–	–	16	15	–	–	5	5	850	106
Еврейская авт. область	–	–	–	11	14	–	–	3	3	259	43
Приморский край	1	–	4	39	20	–	3	8	3	299	90
Сахалинская область	–	6	20	84	75	3	8	8	7	1058	67
Хабаровский край	1	9	29	160	153	8	6	11	9	4040	102
Магаданская область	1	–	7	120	201	–	4	8	10	3352	138

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Камчатский край	2	1	36	332	326	1	7	16	12	5956	138
Чукотский авт. округ	1	15	63	914	1305	5	8	22	12	17050	96
Республика Саха	1	11	409	9480	–	8	17	32	–	77690	349
Дальневосточный ФО	9	42	568	11156	2109	25	53	113	61	110554	1129
<i>АЧР</i>	<i>36</i>	<i>90</i>	<i>1311</i>	<i>24922</i>	<i>2526</i>	<i>55</i>	<i>280</i>	<i>691</i>	<i>120</i>	<i>389819</i>	<i>3358</i>
<i>Российская Федерация</i>	<i>165</i>	<i>98</i>	<i>1801</i>	<i>30542</i>	<i>16610</i>	<i>63</i>	<i>531</i>	<i>1728</i>	<i>3530</i>	<i>462066</i>	<i>7082</i>

Приложение 2. Сводная таблица результатов оценки фонда естественных и искусственных водоёмов по субъектам Российской Федерации

Субъект Федерации	№	Большие озёра (>100 км ²)	Средние озёра (10-100 км ²)	Малые озёра (0.2-10 км ²)	Крупные водохранилища (>100 км ²)	Водохранилища (0.2-100 км ²)	Пруды и обводнённые карьеры (>0.2 км ²)	Солёные озёра	Водоёмы <0.2 км ²
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Ленинградская обл.	I	9980	595,1	956,5	331	59,5	31	–	150,06
	II	82,46	4,92	7,90	2,73	0,49	0,26	–	1,24
	III	323	3,97	5,04	1,3	0,32	0,04	–	0,43
	IV	96,68	1,19	1,51	0,39	0,10	0,01	–	0,13
	V	2	23	857	2	35	39	–	5830
	VI	0,03	0,34	12,63	0,03	0,52	0,57	–	85,89
Псковская обл.	I	1985	251,3	727,9	–	35,6	21,8	–	102,4
	II	63,54	8,04	23,30	–	1,14	0,70	–	3,28
	III	14	0,78	2,93	–	0,135	0,078	–	0,307
	IV	76,80	4,28	16,07	–	0,74	0,43	–	1,68
	V	1	11	602	–	28	34	–	3150
	VI	0,03	0,29	15,73	–	0,73	0,89	–	82,33
Новгородская обл.	I	1090	157,5	344,5	–	17	12,5	–	82,3
	II	63,9746	9,244	20,2195	–	0,9978	0,73	–	4,8305
	III	3,3	1,186	1,5	–	0,05	0,04	–	0,284
	IV	51,89	18,65	23,58	–	0,79	0,63	–	4,47
	V	1	7	323	–	16	20	–	2150
	VI	0,04	0,28	12,83	–	0,64	0,79	–	85,42
Вологодская обл.	I	2654	400,5	477	2770	89,5	32,8	–	101,6
	II	40,67	6,14	7,31	42,45	1,37	0,50	–	1,56
	III	13,5	1,13	1,22	12,5	0,255	0,085	–	0,205

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	IV	46,72	3,91	4,22	43,26	0,88	0,29	–	0,71
	V	4	22	467	2	28	30	–	3450
	VI	0,10	0,55	11,67	0,05	0,70	0,75	–	86,19
Калининградская обл.	I	–	17,8	16	–	6,2	3,6	–	19,1
	II	–	28,39	25,52	–	9,89	5,74	–	30,46
	III	–	0,285	0,029	–	0,016	0,006	–	0,029
	IV	–	78,08	7,95	–	4,38	1,64	–	7,95
	V	–	1	37	–	6	7	–	3700
	VI	–	0,03	0,99	–	0,16	0,19	–	98,64
Респ. Коми	I	–	72,8	673,7	–	16	3	–	1041
	II	–	4,03	37,29	–	0,89	0,17	–	57,63
	III	–	0,12	2,12	–	0,08	0,01	–	2,3
	IV	–	2,59	45,79	–	1,73	0,22	–	49,68
	V	–	3	1147	–	20	10	–	93350
	VI	–	0,00	1,21	–	0,02	0,01	–	98,75
Архангельская обл.	I	336	850	2180	–	10	4	–	1212
	II	7,32	18,51	47,47	–	0,22	0,09	–	26,39
	III	0,54	4,81	5,59	–	0,004	0,001	–	2,29
	IV	4,08	36,34	42,24	–	0,03	0,01	–	17,30
	V	1	34	2922	–	22	8	–	71300
	VI	0,00	0,05	3,93	–	0,03	0,01	–	95,98
Ненецкий а.о.	I	194	671	2750	–	–	–	–	2585
	II	3,13	10,82	44,35	–	–	–	–	41,69
	III	0,35	1,09	3,6	–	–	–	–	2,72
	IV	0,05	0,14	0,46	–	–	–	–	0,35
	V	1	32	4612	–	–	–	–	157800

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	VI	0,00	0,02	2,84	–	–	–	–	97,14
Мурманская обл.	I	2946	1949	3966	636	110	11	–	1454
	II	26,61	17,60	35,82	5,74	0,99	0,10	–	13,13
	III	34,5	9,7	10,34	5,4	1	0,06	–	2,44
	IV	54,38	15,29	16,30	8,51	1,58	0,09	–	3,85
	V	8	75	3956	4	26	10	–	113050
	VI	0,01	0,06	3,38	0,00	0,02	0,01	–	96,52
Респ. Карелия	I	23000	3817	5885	1734	200	21	–	1375
	II	63,83	10,59	16,33	4,81	0,56	0,06	–	3,82
	III	860	18,7	21,12	5,1	1,1	0,07	–	3,77
	IV	94,52	2,06	2,32	0,56	0,12	0,01	–	0,41
	V	30	157	5800	8	25	8	–	67400
	VI	0,04	0,21	7,90	0,01	0,03	0,01	–	91,80
СЗФО	I	42185	8782	17978,91	5483,07	548,56	141,3	–	8127,21
СЗФО	II	50,68	10,55	21,60	6,59	0,66	0,17	–	9,76
СЗФО	III	1249,19	41,771	53,492	24,315	2,9748	0,3912	–	14,783
СЗФО	IV	90,07	3,01	3,86	1,75	0,21	0,03	–	1,07
СЗФО	V	48	365	20728	16	210	169	–	521585
СЗФО	VI	0,01	0,07	3,82	0,00	0,04	0,03	–	96,04
Тверская обл.	I	232,5	390,7	452,6	490	183	9,4	–	84,3
	II	12,62	21,20	24,56	26,59	9,93	0,51	–	4,58
	III	1,35	1,9	1,23	1,97	0,745	0,025	–	0,15
	IV	18,32	25,78	16,69	26,73	10,11	0,34	–	2,04
	V	3	19	392	0	26	12	–	3050
	VI	0,09	0,54	11,19	0,00	0,74	0,34	–	87,09
Ярославская обл.	I	–	104,8	32,2	3480	110,4	5,9	–	20,6

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	II	–	2,77	0,85	92,09	2,92	0,16	–	0,55
	III	–	0,63	0,054	19,15	0,504	0,006	–	0,029
	IV	–	3,08	0,26	93,65	2,46	0,03	–	0,14
	V	–	2	25	1	6	10	–	2905
	VI	–	0,07	0,85	0,03	0,20	0,34	–	98,51
Костромская обл.	I	–	124,2	7,6	470	7	1,6	–	14,6
	II	–	19,87	1,22	75,20	1,12	0,26	–	2,34
	III	–	0,184	0,01	2,15	0,026	0,002	–	0,022
	IV	–	7,69	0,42	89,81	1,09	0,08	–	0,92
	V	–	2	12	2	3	1	–	2159
	VI	–	0,09	0,55	0,09	0,14	0,05	–	99,08
Ивановская обл.	I	–	–	13,6	570	22,46	12,24	–	18
	II	–	–	2,14	89,58	3,53	1,92	–	2,83
	III	–	–	0,048	3,14	0,102	0,02	–	0,031
	IV	–	–	1,44	93,98	3,05	0,60	–	0,93
	V	–	–	20	1	23	18	–	2514
	VI	–	–	0,78	0,04	0,89	0,70	–	97,59
Владимирская обл.	I	–	–	31,4	–	22,1	3,8	–	35,5
	II	–	–	33,84	–	23,81	4,09	–	38,25
	III	–	–	0,093	–	0,051	0,006	–	0,057
	IV	–	–	44,93	–	24,64	2,90	–	27,54
	V	–	–	40	–	37	9	–	2175
	VI	–	–	1,77	–	1,64	0,40	–	96,20
Московская обл.	I	–	21,8	45,6	–	249,5	44,7	–	88,9
	II	–	4,84	10,12	–	55,38	9,92	–	19,73
	III	–	0,016	0,119	–	1,15	0,086	–	0,16

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	IV	–	1,05	7,77	–	75,11	5,62	–	10,45
	V	–	2	47	–	105	66	–	5538
	VI	–	0,03	0,82	–	1,82	1,15	–	96,18
Смоленская обл.	I	–	–	69,2	–	189,7	20,5	–	42,6
	II	–	–	21,49	–	58,91	6,37	–	13,23
	III	–	–	0,255	–	1,005	0,036	–	0,085
	IV	–	–	18,46	–	72,77	2,61	–	6,16
	V	–	–	49	–	34	11	–	3425
	VI	–	–	1,39	–	0,97	0,31	–	97,33
Брянская обл.	I	–	–	8,94	–	41,5	5,11	–	37,85
	II	–	–	9,57	–	44,43	5,47	–	40,52
	III	–	–	0,014	–	0,115	0,005	–	0,045
	IV	–	–	7,82	–	64,25	2,79	–	25,14
	V	–	–	15	–	37	10	–	3307
	VI	–	–	0,45	–	1,10	0,30	–	98,16
Калужская обл.	I	–	–	3,4	–	25,69	1,3	–	19,66
	II	–	–	6,79	–	51,33	2,60	–	39,28
	III	–	–	0,006	–	0,079	0,002	–	0,026
	IV	–	–	5,31	–	69,91	1,77	–	23,01
	V	–	–	5	–	29	2	–	1582
	VI	–	–	0,31	–	1,79	0,12	–	97,78
Тульская обл.	I	–	–	–	–	53,31	3,28	–	30,4
	II	–	–	–	–	61,28	3,77	–	34,95
	III	–	–	–	–	0,21	0,004	–	0,041
	IV	–	–	–	–	82,35	1,57	–	16,08
	V	–	–	–	–	37	10	–	1965

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	VI	–	–	–	–	1,84	0,50	–	97,66
Рязанская обл.	I	–	20,4	67,9	–	52,3	9,6	–	72,9
	II	–	9,14	30,43	–	23,44	4,30	–	32,68
	III	–	0,045	0,111	–	0,16	0,011	–	0,106
	IV	–	10,39	25,64	–	36,95	2,54	–	24,48
	V	–	1	109	–	53	15	–	4150
	VI	–	0,02	2,52	–	1,22	0,35	–	95,89
Тамбовская обл.	I	–	–	4,89	–	95,43	6,32	–	80,96
	II	–	–	2,61	–	50,87	3,37	–	43,16
	III	–	–	0,005	–	0,276	0,009	–	0,11
	IV	–	–	1,25	–	69,00	2,25	–	27,50
	V	–	–	9	–	137	6	–	2820
	VI	–	–	0,30	–	4,61	0,20	–	94,89
Липецкая обл.	I	–	–	3,32	–	81,23	14,42	–	27,87
	II	–	–	2,62	–	64,04	11,37	–	21,97
	III	–	–	0,005	–	0,212	0,02	–	0,045
	IV	–	–	1,77	–	75,18	7,09	–	15,96
	V	–	–	5	–	68	25	–	1025
	VI	–	–	0,45	–	6,06	2,23	–	91,27
Орловская обл.	I	–	–	0,29	–	18,81	–	–	34,5
	II	–	–	0,54	–	35,09	–	–	64,37
	III	–	–	0,0003	–	0,039	–	–	0,056
	IV	–	–	0,31	–	40,92	–	–	58,76
	V	–	–	1	–	41	–	–	1140
	VI	–	–	0,08	–	3,47	–	–	96,45
Курская обл.	I	–	–	8,3	–	141,6	13,6	–	42,7

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	II	–	–	4,03	–	68,67	6,60	–	20,71
	III	–	–	0,013	–	0,369	0,016	–	0,066
	IV	–	–	2,80	–	79,53	3,45	–	14,22
	V	–	–	15	–	187	1	–	1600
	VI	–	–	0,83	–	10,37	0,06	–	88,74
Белгородская обл.	I	–	–	0,9	–	116,7	16,1	–	31,2
	II	–	–	0,55	–	70,77	9,76	–	18,92
	III	–	–	0,001	–	0,241	0,018	–	0,048
	IV	–	–	0,32	–	78,25	5,84	–	15,58
	V	–	–	4	–	159	8	–	1230
	VI	–	–	0,29	–	11,35	0,57	–	87,79
Воронежская обл.	I	–	–	14,6	–	191	–	–	95,2
	II	–	–	4,85	–	63,50	–	–	31,65
	III	–	–	0,022	–	0,408	–	–	0,123
	IV	–	–	3,99	–	74,05	–	–	22,32
	V	–	–	21	–	224	–	–	4330
	VI	–	–	0,46	–	4,90	–	–	94,64
ЦФО	I	232,5	661,9	764,74	5010	1601,73	167,87	–	777,74
ЦФО	II	2,52	7,18	8,30	54,36	17,38	1,82	–	8,44
ЦФО	III	1,35	2,775	1,9863	26,41	5,692	0,266	–	1,2
ЦФО	IV	3,40	6,99	5,01	66,56	14,35	0,67	–	3,02
ЦФО	V	3	26	769	4	1206	204	–	44915
ЦФО	VI	0,01	0,06	1,63	0,01	2,56	0,43	–	95,31
Ростовская обл.	I	0	97	38,2	1258	145,6	95,9	–	99,3
	II	–	5,25	2,07	68,06	7,88	5,19	–	5,37
	III	–	0,183	0,055	9,26	0,251	0,207	–	0,12

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	VI	–	–	0,13	0,04	2,25	–	–	88,07
Астраханская обл.	I	–	65,1	458	–	17,4	5,3	190	210,5
	II	–	6,88	48,40	–	1,84	0,56	20,08	22,24
	III	–	0,059	0,306	–	0,017	0,005	0,054	0,117
	IV	–	10,57	54,84	–	3,05	0,90	9,68	20,97
	V	–	4	440	–	2	7	96	6265
	VI	–	0,06	6,46	–	0,03	0,10	1,41	91,94
Респ. Крым	I	–	–	–	–	47	0,43	389,9	12,07
	II	–	–	–	–	10,46	0,10	86,76	2,69
	III	–	–	–	–	0,395	0,00	0,76	0,027
	IV	–	–	–	–	33,39	0,08	64,24	2,28
	V	–	–	–	–	35	2,00	55	353
	VI	–	–	–	–	7,87	0,45	12,36	79,33
ЮФО	I	–	228,8	579	5888	829,13	124,93	3337,8	875,17
ЮФО	II	–	1,93	4,88	49,63	6,99	1,05	28,14	7,38
ЮФО	III	–	0,328	0,472	50,578	1,805	0,153	2,975	0,958
ЮФО	IV	–	0,57	0,82	88,32	3,15	0,27	5,19	1,67
ЮФО	V	–	10	591	8	917	176	793	22888
ЮФО	VI	–	0,04	2,33	0,03	3,61	0,69	3,12	90,17
Ставропольский край	I	–	–	2,1	–	441,5	9	136,6	110
	II	–	–	0,30	–	63,14	1,29	19,54	15,73
	III	–	–	0,003	–	1,415	0,012	0,083	0,113
	IV	–	–	0,18	–	87,02	0,74	5,10	6,95
	V	–	–	2	–	299	9	55	2705
	VI	–	–	0,07	–	9,74	0,29	1,79	88,11
Респ. Дагестан	I	–	–	5,2	–	105	–	248	28,2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	II	–	–	1,35	–	27,17	–	64,18	7,30
	III	–	–	0,005	–	3,568	–	0,279	0,029
	IV	–	–	0,13	–	91,94	–	7,19	0,75
	V	–	–	13	–	61	–	85	775
	VI	–	–	1,39	–	6,53	–	9,10	82,98
Респ. Чечня	I	–	–	3,2	–	5,1	–	–	9,7
	II	–	–	17,78	–	28,33	–	–	53,89
	III	–	–	0,056	–	0,006	–	0,001	0,013
	IV	–	–	73,68	–	7,89	–	–	17,11
	V	–	–	5	–	8	–	–	690
	VI	–	–	0,71	–	1,14	–	–	98,15
Респ. Ингушетия	I	–	–	–	–	0,22	–	–	1,08
	II	–	–	–	–	16,92	–	–	83,08
	III	–	–	–	–	0,0003	–	–	0,0014
	IV	–	–	–	–	17,65	–	–	82,35
	V	–	–	–	–	1	–	–	96
	VI	–	–	–	–	1,03	–	–	98,97
Респ. Сев. Осетия	I	–	–	–	–	6,2	–	–	5,26
	II	–	–	–	–	54,10	–	–	45,90
	III	–	–	–	–	0,03	–	–	0,0084
	IV	–	–	–	–	78,13	–	–	21,88
	V	–	–	–	–	16	–	–	305
	VI	–	–	–	–	4,98	–	–	95,02
Респ. Кабардино-Балкария	I	–	–	0,212	–	5,308	–	–	11,07
	II	–	–	1,28	–	32,00	–	–	66,73
	III	–	–	0,0006	–	0,026	–	–	0,025

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	IV	–	–	1,16	–	50,39	–	–	48,45
	V	–	–	1	–	14	–	–	445
	VI	–	–	0,22	–	3,04	–	–	96,74
Респ. Карачаево-Черкесия	I	–	–	–	–	55,17	–	–	4,09
	II	–	–	–	–	93,10	–	–	6,90
	III	–	–	–	–	0,473	–	–	0,01
	IV	–	–	–	–	97,93	–	–	2,07
	V	–	–	–	–	12	–	–	425
	VI	–	–	–	–	2,75	–	–	97,25
СКФО	I	–	–	10,712	–	618,498	9	384,6	169,4
СКФО	II	–	–	0,90	–	51,88	0,75	32,26	14,21
СКФО	III	–	–	0,0646	–	5,5183	0,012	0,363	0,1998
СКФО	IV	–	–	1,05	–	89,62	0,19	5,90	3,24
СКФО	V	–	–	21	–	411	9	140	5441
СКФО	VI	–	–	0,35	–	6,82	0,15	2,32	90,35
Респ. Башкортостан	I	–	52,2	137,3	115	136	2,9	–	110,8
	II	–	9,42	24,77	20,75	24,54	0,52	–	19,99
	III	–	0,275	0,475	1,41	0,781	0,008	–	0,273
	IV	–	8,54	14,74	43,76	24,24	0,25	–	8,47
	V	–	3	115	1	125	2	–	7660
	VI	–	0,04	1,45	0,01	1,58	0,03	–	96,89
Кировская обл.	I	–	–	14,8	–	52,4	3,5	–	82,4
	II	–	–	9,67	–	34,23	2,29	–	53,82
	III	–	–	0,043	–	0,174	0,009	–	0,185
	IV	–	–	10,46	–	42,34	2,19	–	45,01
	V	–	–	33	–	52	6	–	5640

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	VI	–	–	0,58	–	0,91	0,10	–	98,41
Респ. Марий Эл	I	–	–	20,1	1451	26,8	0,54	–	29,3
	II	–	–	1,32	94,98	1,75	0,04	–	1,92
	III	–	–	0,115	8,71	0,173	0,001	–	0,076
	IV	–	–	1,27	95,98	1,91	0,01	–	0,84
	V	–	–	38	1	23	1	–	1490
	VI	–	–	2,45	0,06	1,48	0,06	–	95,94
Респ. Мордовия	I	–	–	1,33	–	21,1	0,2	–	29,7
	II	–	–	2,54	–	40,32	0,38	–	56,76
	III	–	–	0,007	–	0,059	0,0006	–	0,069
	IV	–	–	5,16	–	43,51	0,44	–	50,88
	V	–	–	4	–	51	1	–	3670
	VI	–	–	0,11	–	1,37	0,03	–	98,50
Нижегородская обл.	I	–	–	43,3	520	29,22	28,68	–	153,2
	II	–	–	5,59	67,15	3,77	3,70	–	19,78
	III	–	–	0,121	1,9	0,097	0,068	–	0,422
	IV	–	–	4,64	72,85	3,72	2,61	–	16,18
	V	–	–	72	1	30	43	–	7410
	VI	–	–	0,95	0,01	0,40	0,57	–	–
Оренбургская обл.	I	–	–	5,35	259,7	128,2	–	199	98,2
	II	–	–	0,77	37,61	18,57	–	28,82	14,22
	III	–	–	0,012	3,26	0,355	–	0,19	0,2
	IV	–	–	0,30	81,16	8,84	–	4,73	4,98
	V	–	–	7	1	123	–	16	5640
	VI	–	–	0,12	0,02	2,13	–	0,28	97,46
Пензенская обл.	I	–	–	1,72	108,8	44,5	1,38	–	71,9

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	II	–	–	0,75	47,66	19,49	0,60	–	31,49
	III	–	–	0,003	0,555	0,112	0,003	–	0,129
	IV	–	–	0,37	69,20	13,97	0,37	–	16,08
	V	–	–	2	1	87	3	–	4850
	VI	–	–	0,04	0,02	1,76	0,06	–	98,12
Пермский край	I	–	35,1	32,2	2980	102,5	1,91	–	58,8
	II	–	1,09	1,00	92,82	3,19	0,06	–	1,83
	III	–	0,046	0,061	21,21	0,732	0,005	–	0,125
	IV	–	0,21	0,28	95,63	3,30	0,02	–	0,56
	V	–	2	42	2	24	2	–	5800
	VI	–	0,03	0,72	0,03	0,41	0,03	–	98,77
Самарская обл.	I	–	–	–	1572	90,2	–	–	160,2
	II	–	–	2,43	84,16	4,83	–	–	8,58
	III	–	–	0,089	12,58	0,288	–	–	0,27
	IV	–	–	0,67	95,11	2,18	–	–	2,04
	V	–	–	56	2	79	–	–	8540
	VI	–	–	0,65	0,02	0,91	–	–	98,42
Саратовская обл.	I	–	–	8,52	2300	142,6	–	–	174,7
	II	–	–	0,32	87,59	5,43	–	–	6,65
	III	–	–	0,021	21,24	0,436	–	–	0,369
	IV	–	–	0,10	96,26	1,98	–	–	1,67
	V	–	–	15	2	244	–	–	6745
	VI	–	–	0,21	0,03	3,48	–	–	96,27
Респ. Татарстан	I	–	–	45,1	4199	44,3	–	–	90,3
	II	–	–	1,03	95,90	1,01	–	–	2,06
	III	–	–	0,117	28,51	0,16	–	–	0,198

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	IV	–	–	0,40	98,36	0,55	–	–	0,68
	V	–	–	41	2	40	–	–	6560
	VI	–	–	0,62	0,03	0,60	–	–	98,75
Респ. Удмуртия	I	–	–	5,8	–	112,7	0,3	–	38,6
	II	–	–	3,68	–	71,60	0,19	–	24,52
	III	–	–	0,0089	–	0,64	0,0007	–	0,083
	IV	–	–	1,21	–	87,36	0,10	–	11,33
	V	–	–	7	–	31	1	–	2710
	VI	–	–	0,25	–	1,13	0,04	–	98,58
Ульяновская обл.	I	–	–	4,02	2614	6,66	–	–	17,5
	II	–	–	0,15	98,93	0,25	–	–	0,66
	III	–	–	0,011	20,91	0,016	–	–	0,035
	IV	–	–	0,05	99,70	0,08	–	–	0,17
	V	–	–	5	2	18	–	–	1305
	VI	–	–	0,38	0,15	1,35	–	–	98,12
Респ. Чувашия	I	–	–	2,36	242,4	87	–	–	39,75
	II	–	–	0,64	65,25	23,42	–	–	10,70
	III	–	–	0,004	1,454	0,617	–	–	0,067
	IV	–	–	0,19	67,88	28,80	–	–	3,13
	V	–	–	8	1	34	–	–	3610
	VI	–	–	0,22	0,03	0,93	–	–	98,82
ПФО	I	–	87,3	367,3	16361,9	1024,18	39,41	199	1155,35
ПФО	II	–	0,45	1,91	85,07	5,32	0,20	1,03	6,01
ПФО	III	–	0,321	1,0879	121,739	4,64	0,0953	0,19	2,501
ПФО	IV	–	0,25	0,83	93,23	3,55	0,07	0,15	1,92
ПФО	V	–	5	445	16	961	59	16	71630

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
ПФО	VI	–	0,01	0,61	0,02	1,31	0,08	0,02	97,95
Ямало-Ненецкий а.о.	I	1415	2930	19000	–	–	–	–	15620
	II	3,63	7,52	48,76	–	–	–	–	40,09
	III	5,09	7,691	26,68	–	–	–	–	18,56
	IV	8,77	13,26	45,98	–	–	–	–	31,99
	V	9	120	33520	–	–	–	–	1019300
	VI	0,00	0,01	3,18	–	–	–	–	96,80
Ханты-Мансийский а.о.	I	590	3960	12180	–	–	–	–	6020
	II	2,59	17,41	53,54	–	–	–	–	26,46
	III	1,34	8,63	18,449	–	–	–	–	7,1
	IV	3,77	24,30	51,94	–	–	–	–	19,99
	V	5	173	14310	–	–	–	–	598800
	VI	0,00	0,03	2,33	–	–	–	–	97,64
Тюменская обл. (собств.)	I	179	752	1923	–	3	–	–	280
	II	5,71	23,97	61,30	–	0,10	–	–	8,93
	III	0,321	1,06	2,443	–	0,004	–	–	0,304
	IV	7,77	25,65	59,12	–	0,10	–	–	7,36
	V	1	35	1900	–	10	–	–	34250
	VI	0,00	0,10	5,25	–	0,03	–	–	94,62
Свердловская обл.	I	–	333,8	447,2	–	443,37	19,43	0	109,2
	II	–	24,67	33,05	–	32,77	1,44	0,00	8,07
	III	–	0,777	1,163	–	1,65	0,063	0	0,222
	IV	–	20,05	30,01	–	42,58	1,63	0,00	5,73
	V	–	15	403	–	146	8	0	5290
	VI	–	0,26	6,87	–	2,49	0,14	0,00	90,24

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Челябинская обл.	I	–	933,8	644,4	112	419	–	424,8	79,4
	II	–	35,73	24,66	4,29	16,03	–	16,25	3,04
	III	–	4,794	2,028	0,99	2,103	–	0,78	0,164
	IV	–	44,15	18,68	9,12	19,37	–	7,18	1,51
	V	–	42	486	1	186	–	294	2225
	VI	–	1,30	15,03	0,03	5,75	–	9,09	68,80
Курганская обл.	I	–	318,5	1071	–	34	–	1180,5	166
	II	–	11,50	38,66	–	1,23	–	42,62	5,99
	III	–	0,824	2,74	–	0,093	–	1,98	0,328
	IV	–	13,81	45,93	–	1,56	–	33,19	5,50
	V	–	18	1166	–	54	–	794	5070
	VI	–	0,25	16,42	–	0,76	–	11,18	71,39
УФО	I	2184	9228,1	35266	112	899,4	19,43	1605,3	22275
УФО	II	3,05	12,89	49,26	0,16	1,26	0,03	2,24	31,12
УФО	III	6,751	23,776	53,503	0,99	3,85	0,063	2,76	26,678
УФО	IV	5,70	20,09	45,20	0,84	3,25	0,05	2,33	22,54
УФО	V	15	403	51785	1	396	8	1088	1664935
УФО	VI	0,00	0,02	3,01	0,00	0,02	0,00	0,06	96,88
Омская обл.	I	263	295	613,5	–	4	–	–	144
	II	14,99	16,81	34,97	–	0,23	–	24,79	8,21
	III	0,368	0,489	0,771	–	0,005	–	0,476	0,153
	IV	16,27	21,62	34,08	–	0,22	–	21,04	6,76
	V	2	14	573	–	10	–	376	4000
	VI	0,04	0,28	11,52	–	0,20	–	7,56	80,40
Новосибирская обл.	I	357	292	796	1017	19	–	3049	154
	II	6,28	5,14	14,00	17,89	0,33	–	53,64	2,71
	III	0,36	0,367	0,621	8,16	0,055	–	4,814	0,103

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	IV	2,49	2,53	4,29	56,35	0,38	–	33,25	0,71
	V	1	13	747	1	70	–	593	4450
	VI	0,02	0,22	12,71	0,02	1,19	–	10,09	75,74
Алтайский край	I	–	–	356	–	–	1,2	1785	147
	II	–	7,26	13,13	–	8,33	0,04	65,82	5,42
	III	–	0,396	0,513	–	1,25	0,003	3,694	0,135
	IV	–	6,61	8,56	–	20,86	0,05	61,66	2,25
	V	–	10	247	–	151	2	267,	3660
	VI	–	0,23	5,70	–	3,48	0,05	6,16	84,39
Томская обл.	I	–	128	1412	–	8	0	0	600
	II	–	5,96	65,74	–	0,37	0,00	0,00	27,93
	III	–	0,249	2,13	–	0,011	0	0	0,744
	IV	–	7,95	67,96	–	0,35	0,00	0,00	23,74
	V	–	9	1855	–	20	–	–	29750
	VI	–	0,03	5,86	–	0,06	–	–	94,04
Кемеровская обл.	I	–	27,2	16,1	–	72,2	9,5	–	45,8
	II	–	15,93	9,43	–	42,27	5,56	–	26,81
	III	–	0,124	0,047	–	0,415	0,14	–	0,135
	IV	–	14,40	5,46	–	48,20	16,26	–	15,68
	V	–	2	27	–	70	10	–	1320
	VI	–	0,14	1,89	–	4,90	0,70	–	92,37
Респ. Алтай	I	223	30	145	–	–	–	–	161
	II	39,89	5,37	25,94	–	–	–	–	28,80
	III	39,03	0,149	1,124	–	–	–	–	0,632
	IV	95,35	0,36	2,75	–	–	–	–	1,54
	V	1	1	230	–	–	–	–	5900

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	VI	0,02	0,02	3,75	–	–	–	–	96,22
Респ. Хакасия	I	–	–	61,06	400	57,16	1,9	150,88	57,1
	II	–	9,34	7,60	49,81	7,12	0,24	18,79	7,11
	III	–	0,496	0,327	14,8	1,8787	0,006	1,991	0,172
	IV	–	2,52	1,66	75,24	9,55	0,03	10,12	0,87
	V	–	4	92	1	17	3	50	1620
	VI	–	0,22	5,15	0,06	0,95	0,17	2,80	90,65
Респ. Тыва	I	–	416,9	332,9	260	–	–	97,2	247
	II	–	30,79	24,59	19,20	–	–	7,18	18,24
	III	–	10,555	1,965	3,9	–	–	0,379	1,072
	IV	–	59,06	11,00	21,82	–	–	2,12	6,00
	V	–	14	460	1	–	–	69	11350
	VI	–	0,12	3,87	0,01	–	–	0,58	95,43
Иркутская обл.	I	10695	51	195,8	7805	12,58	4,62	–	263
	II	56,21	0,27	1,03	41,02	0,07	0,02	–	1,38
	III	7962	4,08	1,049	238	0,198	0,028	–	0,671
	IV	97,03	0,05	0,01	2,90	0,00	0,00	–	0,01
	V	1	1	380	4	2	1	–	9300
	VI	0,01	0,01	3,92	0,04	0,02	0,01	–	95,99
Красноярский край	I	9943	4520	16190	6657	50	–	–	10500
	II	20,78	9,44	33,83	13,91	0,10	–	–	21,94
	III	290	96,326	31,8	219	0,156	–	–	13,2
	IV	44,58	14,81	4,89	33,67	0,02	–	–	2,03
	V	19	155	26960	5	76	–	–	396300
	VI	0,00	0,04	6,37	0,00	0,02	–	–	93,57
СФО	I	21481	6032	20118	16139	449	17,2	5517	12319

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
СФО	II	26,2	7,35	24,5	19,7	0,55	0,02	6,72	15,0
СФО	III	8292	113	40,3	484	3,97	0,18	11,4	17,0
СФО	IV	92,5	1,26	0,45	5,40	0,04	0,002	0,13	0,19
СФО	V	24	223	31571	12	416	16	1355	467650
СФО	VI	0,005	0,04	6,30	0,002	0,08	0,003	0,27	93,3
Респ. Бурятия	I	21400	425	469,6		11,53	1,47	42,43	500
	II	93,65	1,86	2,06	–	0,05	0,01	0,19	2,19
	III	15659	7,003	1,379	–	0,018	0,003	0,065	0,973
	IV	99,94	0,04	0,01	–	0,00	0,00	0,00	0,01
	V	4	14	763	–	30	2	55	18500
	VI	0,02	0,07	3,94	–	0,15	0,01	0,28	95,52
Забайкальский край	I	0	279,7	134,2	–	24	–	872,1	183
	II	0,00	18,73	8,99	–	1,61	–	58,41	12,26
	III	0	3,569	0,521	–	0,049	–	1,195	0,341
	IV	0,00	62,89	9,18	–	0,86	–	21,06	6,01
	V	0	11	154	–	29	–	128	9500
	VI	0,00	0,11	1,57	–	0,30	–	1,30	96,72
Амурская обл.	I	–	–	47,4	2780	26,63	–	–	118,2
	II	–	–	1,59	93,53	0,90	–	–	3,98
	III	–	–	0,128	78,4	0,094	–	–	0,305
	IV	–	–	0,16	99,33	0,12	–	–	0,39
	V	–	–	85	2	31	–	–	6710
	VI	–	–	1,24	0,03	0,45	–	–	98,27
Еврейская а.о.	I	–	–	35,5	–	3,7	–	–	39,7
	II	–	–	44,99	–	4,69	–	–	50,32
	III	–	–	0,048	–	0,008	–	–	0,046

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	IV	–	–	47,06	–	7,84	–	–	45,10
	V	–	–	46	–	5	–	–	2060
	VI	–	–	2,18	–	0,24	–	–	97,58
Приморский край	I	3070	24	49,1	–	58,17	2,04	60,69	51,5
	II	92,60	0,72	1,48	–	1,75	0,06	1,83	1,55
	III	14,4	0,083	0,105	–	0,165	0,007	0,1	0,094
	IV	96,30	0,56	0,70	–	1,10	0,05	0,67	0,63
	V	1	1	31	–	41	2	18	2350
	VI	0,04	0,04	1,27	–	1,68	0,08	0,74	96,15
Сахалинская обл.	I	–	104	310,9	–	6	–	1824,4	160,9
	II	–	4,32	12,92	–	0,25	–	75,82	6,69
	III	–	2,94	1,015	–	0,013	–	8,05	0,312
	IV	–	23,84	8,23	–	0,11	–	65,29	2,53
	V	–	4	447	–	20	–	37	8150
	VI	–	0,05	5,16	–	0,23	–	0,43	94,13
Хабаровский край	I	2074	546	752	390	31,3	–	308	521
	II	44,87	11,81	16,27	8,44	0,68	–	6,66	11,27
	III	4,47	1,19	1,627	10,72	0,082	–	1,09	0,995
	IV	22,16	5,90	8,06	53,14	0,41	–	5,40	4,93
	V	8	25	906	1	55	–	4	31650
	VI	0,02	0,08	2,77	0,00	0,17	–	0,01	96,94
Магаданская обл.	I	–	153	489,5	441	9	–	21	437,5
	II	–	9,86	31,56	28,43	0,58	–	1,35	28,21
	III	–	0,76	1,18	14,55	0,019	–	0,062	0,84
	IV	–	4,37	6,78	83,57	0,11	–	0,36	4,82
	V	–	6	783	1	15	–	3	26350

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	VI	–	0,02	2,88	0,00	0,06	–	0,01	97,02
Камчатский край	I	794	614	1269,1	–	6	–	477,9	761
	II	20,24	15,66	32,36	–	0,15	–	12,19	19,40
	III	15,67	16,17	4,11	–	0,016	–	1,82	1,851
	IV	39,53	40,80	10,37	–	0,04	–	4,59	4,67
	V	2	22	1703	–	25	–	49	46600
	VI	0,00	0,05	3,52	–	0,05	–	0,10	96,28
Чукотский а.о.	I	704	977	4120	–	1	–	4474	3185
	II	5,23	7,26	30,61	–	0,01	–	33,24	23,66
	III	15,12	7,86	7,31	–	0,01	–	21,736	4,73
	IV	26,64	13,85	12,88	–	0,02	–	38,29	8,33
	V	3	33	6591	–	1	–	115	132000
	VI	0,00	0,02	4,75	–	0,00	–	–	95,14
Респ. Саха	I	1344	8507	38500	2350	70,8	8,2	526	11000
	II	2,16	13,65	61,79	3,77	0,11	0,01	0,84	17,65
	III	15,77	30,02	75	39,96	0,128	0,022	4,03	15,2
	IV	8,75	16,67	41,64	22,18	0,07	0,01	2,24	8,44
	V	9	408	49460	1	17	2	2	581500
	VI	0,00	0,06	7,83	0,00	0,00	0,00	0,00	92,10
ДВФО	I	29386	11630	46177	5961	248	11,7	8607	16958
ДВФО	II	24,7	9,77	38,8	5,01	0,21	0,01	7,23	14,3
ДВФО	III	15724	69,6	92,4	144	0,60	0,03	38,1	25,7
ДВФО	IV	97,7	0,43	0,57	0,89	0,004	0,0002	0,24	0,16
ДВФО	V	27	524	60969	5	269	6	411	865370
ДВФО	VI	0,003	0,06	6,57	0,001	0,03	0,001	0,04	93,3

Условные обозначения:

I – площадь водной поверхности (км²);

II – площадь водной поверхности, %;

III – объём озёрных вод, км³;

IV – объём озёрных вод, %;

V – кол-во водоёмов;

VI – кол-во водоёмов, %.