

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена»

На правах рукописи

БАЛАЦЕНКО МАРИЯ ИОНОВНА

ТРАНЗИТНО-АККУМУЛЯЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЕР ЯКУТИИ

25.00.23 – физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

научный руководитель:
д.г.н., профессор А.М. Догановский

Санкт-Петербург – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНЗИТНО-АККУМУЛЯЦИОННЫХ ТИПОВ ОЗЕР ЯКУТИИ	9
1.1 Климат.....	9
1.2 Геолого-геоморфологическое строение озерных систем	12
1.3 Геокриологические условия и термокарстовые явления	17
1.3.1 Карстовые явления	22
1.4 Гидрография	23
1.4.1 Гидрогеология.....	25
1.5 Почва и растительность.....	29
ГЛАВА II. ОЗЕРНЫЙ ФОНД ЯКУТИИ И ЕГО ИЗУЧЕННОСТЬ	31
2.1 Генетическая классификация озер.....	31
2.2 Общее описание и районирование озер Якутии.....	40
2.3 Морфометрические параметры изучаемых озер	53
2.4 Пространственные особенности строения озерных котловин по генезису ...	56
ГЛАВА 3. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНОГО БАЛАНСА ОЗЕР И ОЦЕНКА ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ	64
3.1 Определение составляющих водного баланса и способы их расчетов	64
3.2 Методика расчета составляющих водного баланса.....	66
3.2.1 Приток воды по рекам и сток.....	67
3.2.2 Испарение с поверхности озер	70
3.2.3 Атмосферные осадки на поверхность озер.....	73
3.3 Структура водного баланса озер Якутии.....	75
3.4 Распределение по территории сточных, бессточных и периодически сточных озер.....	80
ГЛАВА IV. ВНЕШНИЙ ВОДООБМЕН РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР ЯКУТИИ .	85
4.1 Физическая сущность внешнего водообмена водоемов	85
4.2 Транзит и аккумуляция веществ.....	88
4.3 Определение интенсивности водообмена озер Якутии при отсутствии наблюдений.....	90
4.4 Внешний водообмен и экологическое состояние озер Якутии	93
Заключение	96
Литература	97
Приложение	117

Введение

Актуальность темы

Якутия является территорией повышенной озерности (более 30% озер РФ находится на рассматриваемой территории). В настоящее время из 723 тысяч озер Якутии изученными являются по морфометрическим показателям около 500. Озера республики используются для водоснабжения, водоотведения, рыболовства, рекреации, добычи сапропеля, бальнеологии и галургии. Особое значение имеют земельные ресурсы приозерных ландшафтов.

Озера Якутии расположены в различных физико-географических и климатических условиях, что отражается на происхождении и строении их котловин, на гидрологическом режиме. Водный режим озер заметно отличается от режима других водных объектов, в первую очередь рек. Основной причиной таких различий является увеличение времени пребывания воды в озерных котловинах по сравнению с руслами, то есть замедление водообмена. В этом отношении озера можно рассматривать как природные аккумуляторы, задерживающие различные вещества как естественного, так и антропогенного происхождения, поступающие с водосборов. При этом может происходить заиление и зарастание озер водной растительностью, приводящее к изменению их трофического статуса и характера внутриводоемных процессов. Одновременно могут изменяться и физико-химические свойства озерных вод.

Озера, расположенные в зоне распространения многолетней мерзлоты имеют специфические особенности происхождения, развития, режима существования и водообмена. Относительно слабая изученность озерного фонда приводит к необходимости исследования особенностей строения озерных систем (озеро и его водосбор) и их распространение по территории республики, исследование гидрологического режима, характера внутриводоемных процессов и транзитно аккумуляционных свойств. При этом решающее значение приобретают балансовые методы исследования, водный, тепловой и солевой балансы. Особое внимание следует также обратить на особенности влияния резко

континентального климата на гидрологические процессы в озерах, тем более что с конца XX века отмечено его заметное потепление. Предлагаемое исследование и полученные результаты направлены на уточнение запасов воды в озерах и, на расширение возможностей использования человеком озерного фонда республики. В этом заключается актуальность работы.

Целью работы является оценка транзитно-аккумуляционных особенностей разнотипных озер Якутии, в том числе неизученных на основании их морфометрических и гидрологических характеристик.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

- систематизировать озера с известными морфометрическими параметрами с учетом их генезиса и выполненного районирования территории;
- определить и оценить внешний водообмен озер по стоку и притоку с учетом особенностей их водного баланса;
- разработать способ определения водообмена для неизученных разнотипных озер Якутии.

Объектом исследования являются повсеместно распространенные на территории Якутии разнотипные озера.

Предметом исследования являются основные морфометрические характеристики озер, их водный баланс, водообмен по притоку и стоку, транзитные особенности изучаемых объектов, их географическое распределение.

Исходными материалами послужили:

1. Основные морфометрические параметры (площадь зеркала, объем воды и средняя глубина) 424 изученных разнотипных озер, из которых 231 являются озерами термокарстового происхождения, 69 – водно-эрозионного, 95 – эрозионно-термокарстового, 4 – тукуланового, 17 – ледникового, 8 – тектонического происхождения.
2. Крупномасштабные топографические карты, отражающие распределение озер по территории (с масштабами 1:5000 и 1:10000). Программы Panorama, MapInfo. Дополнительно общедоступные программы Google Earth (для уточнения высоты

над уровнем моря), SAS Planet (определения основных морфометрических показателей), 3Planet (измерения площадей).

3. Карты распределения по территории атмосферных осадков (P , мм), испарения с водной поверхности (E , мм) и карты слоев речного стока (h , мм), в том числе за период современного потепления климата.

4. Данные гидрохимических и гидробиологических исследований озер.

5. Метеорологические данные УГМС и гидрологические данные ГГИ.

Дополнительными источниками фактического материала для диссертационной работы послужили полевые и лабораторные исследования, проведенные с участием автора в 2012 – 2014 годах.

Научная новизна представляемой работы:

1. Ранее исследованные озера Якутии систематизированы по основным морфометрическим параметрам и уточнены координаты их местоположения. Разработаны региональные формулы определения объемов воды и средних глубин для неизученных озер при известных площадях их поверхностей. С помощью этих формул определены основные морфометрические параметры ранее неисследованных 1125 озер.

2. Предложены способы определения основных составляющих водных балансов озер Якутии, в том числе и неизученных, и на их основе рассчитаны коэффициенты внешнего водообмена разнотипных озер. Одновременно оценены соответствующие особенности транзита и аккумуляции веществ.

3. На основании полученных результатов установлены закономерности распределения сточных и бессточных озер по территории Якутии, а также транзитных, транзитно-аккумуляционных и аккумуляционных типов водоемов.

Основные выводы, конкретизирующие научную новизну исследования, отражены в следующих положениях, **выносимых на защиту:**

1. Определены объемы воды для неизученных разнотипных озер Якутии.

2. Рассчитан водный баланс разнотипных озер Якутии и разработаны способы оценки его структуры, в том числе для неизученных объектов. Расчетным способом оценена структура водного баланса озер Якутии.

Установлено, что в районах криолитозоны структура водного баланса водоема зависит от местоположения, климата и строения озерной системы.

3. На основе карт распределения гидрометеорологических элементов по изучаемой территории рассчитаны многолетние водные балансы озер Якутии, что позволило районировать территорию по распределению – сточных, бессточных и периодически сточных объектов.

4. Расчетным путем оценен внешний водообмен разнотипных озер Якутии и выявлено, что большинство из них относится к аккумуляционному и аккумуляционно-транзитному классу.

Теоретической и методической основой исследования послужили определения закономерностей пространственного распределения озерных котловин. Считается, что котловины одного и того же происхождения и одинакового возраста имеют приблизительно сходные относительные размеры. Результаты подобных исследований для других территорий приведены в работах Б.Б. Богословского (1960,1975), А.М. Догановского (1982,1984), М.Я. Прытковой (1987), С.В. Рянжина (2001,2005), Н.В. Мякишевой (2009) и др.

Для выявления и оценки связей морфометрических характеристик применен регрессионный анализ. Привлечены методы аналогии при составлении водного баланса озер, картографические методы исследования для уточнения координат, районирования территории и метод аналогии для анализа полученных данных. Также использованы GIS технологии, в частности программы «Panorama», «ArcGIS» и «MapInfo».

Практическая значимость работы заключается в возможности использования результатов исследований при проектировании и эксплуатации предприятий или технических сооружений наносящих экологические загрязнения водным объектам, в том числе озерам. Полученные результаты также позволяют оценить водные ресурсы озер на территории Якутии и в ее отдельных районах.

Апробация работы. Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на международной научно-практической конференции «LXVI Герценовские чтения», посвященной 150-летию со дня рождения В.И.

Вернадского (г. Санкт-Петербург, 2013); на всероссийской конференции «Защита населения и объектов экономики от водной стихии северных рек» (г. Якутск, 2013); на итоговых сессиях ученого совета Института Мерзлотоведения (г. Якутск, 2014); «LXVII Герценовских чтениях» (г. Санкт-Петербург, 2014 г.); IV Международной конференции «Роль мерзлотных экосистем в изменяющемся климате» (Институт биологии, г. Якутск, 2014); на заседаниях кафедры физической географии и природопользования РГПУ имени А. И. Герцена (г. Санкт-Петербург, 2015), на кафедре географии ИЕН СВФУ имени М.К. Аммосова (г. Якутск, 2015); на Всероссийском научно-молодежном геокриологическом форуме (Институт мерзлотоведения, г. Якутск, 2015) и на II Виноградовских чтениях (г. Санкт-Петербург, 2015).

В рецензируемых журналах: Общество. Среда. Развитие, (г. Санкт-Петербург, 2011), Наука и образование, Академия наук, г. Якутск (2015), Ученые записки, РГГМУ, г. Санкт-Петербург (2015).

Личный вклад автора. Систематизированы и уточнены координаты ранее изученных озер различного происхождения и их распространение. Теоритическим путем определены объемы воды, средние глубины 1125 ранее неисследованных озер на территории Якутии. Разработаны приемы определения элементов баланса и оценки его структуры в условиях меняющегося климата на территории Якутии и определен внешний водообмен озер. Составлены картосхемы распределения по территории Якутии, сточных и бессточных озер, коэффициентов увлажнения и показателей внешнего водообмена.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 3 в изданиях, входящих в перечень ВАК.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, профессору д.г.н. А.М. Догановскому за постановку цели и задачи, ценные советы и рекомендации. Особую благодарность автор выражает доценту, к.г.н. И.И. Жиркову и заведующей лабораторией озероведения Т.П. Трофимовой (СВФУ имени М.К. Аммосова) за предоставление архивных, литературных и отчётных данных по лимнологическим исследованиям. Отдельная благодарность

коллективу УГМС (г. Якутск) и ГГИ (г. Санкт-Петербург) за предоставленные материалы и данные. За участие в обсуждении результатов и советы автор глубоко признателен профессору, д.г.н. Д.А. Субетто (РГПУ имени А.И. Герцена), доценту, к.г.н. Л.О. Зелюткиной и к.г.н. Д.Д. Кузнецову. Особую благодарность за доброжелательное отношение и моральную поддержку автор выражает коллективу кафедры «Физической географии и природопользования» РГПУ им. А.И. Герцена (г. Санкт-Петербург) и лаборатории общей геокриологии ИМЗ СО РАН (г. Якутск).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Список литературы включает 223 наименования. Общий объем диссертации составляет 130 страниц, включая 46 рисунков, 8 таблиц и 5 приложений.

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНЗИТНО-АККУМУЛЯЦИОННЫХ ТИПОВ ОЗЕР ЯКУТИИ

1.1 Климат

Территория Якутии расположена в центре материка, поэтому к ней затруднен доступ воздушных масс с востока и юга. С запада территория прикрыта горными массивами Среднесибирского плоскогорья на востоке, только с северной стороны открыта для проникновения холодных воздушных масс с Арктики. Влияние Мирового океана малозначительно, что обусловило формирование резко-континентального климата [186].

Главными факторами, определяющими климат Якутии, являются характер общей циркуляции атмосферы, удаленность и отгороженность территории горными системами от Атлантического и Тихого океанов. Важную роль играет также большая протяженность территории и сложность орографии. Отличительной чертой климата является выраженный антициклональный режим погоды, и зимой и летом сопровождающийся частыми вторжениями воздушных масс со стороны Ледовитого океана летом. Основные климатические исследования по Якутии [94,95] и обобщающие работы приведены в работах М.К. Гавриловой [37-48], К.С. Кириллиной [103-104] и в отчетах УГМС г. Якутска.

Все это создает специфические условия термического режима на территории Якутии. Зимой термический режим определяется господством северо-восточного отрога Сибирского антициклона, характеризующегося высоким барическим давлением и влиянием местных антициклонов, чаще всего формирующихся в северо-восточной части Якутии [23].

Зимой лишь изредка мощный Сибирский антициклон нарушается с северо-востока вторжениями циклонов с запада и переносом воздушных масс с Охотского моря. С ними связаны потепления, увеличение облачности и слабые осадки. С наступлением температур выше 0°C среднесуточные температуры

поднимаются очень быстро (средняя температура мая около 6°C), но заморозки, связанные с вторжениями арктических антициклонов, возможны до конца первой декады июня.

Устойчивый снежный покров устанавливается в первой декаде октября и держится 210 - 230 дней. Зима малоснежная. Мощность снежного покрова в разных точках района колеблется от 30 до 60 см. Продолжительность безморозного периода – 65-95 дней. По сумме активных температур и обеспеченности осадками северная часть Лено-Амгинского междуречья относится к засушливому району среднеспелых культур с суммой активных температур 1400-1600°[10,206].

Повсеместное и значительное превышение суммы отрицательных температур над суммой положительных означает, что в Южной Якутии имеет место сплошное развитие многолетнемерзлых пород. Фактически же здесь отмечается очень пестрая картина их распространения. Это объясняется сложными условиями теплообмена между атмосферой, почвой и литосферой, влиянием рода природных факторов, одни из которых способствуют развитию мерзлых толщ, другие – препятствуют. Мощности многолетнемерзлых толщ колеблются от нескольких метров до четырех сотен и более, а среднегодовые температуры в подошве слоя их сезонных колебаний изменяются в среднем от 0 до - 4°C.

На значительной части огромной территории Якутии простираются мощные горные хребты и нагорья – Верхоянский, Черского, Сунтар-Хаята, Алданское нагорье и другие, влияние которых обуславливает весьма сложное и неравномерное распределение осадков. На западе Якутии, ограниченной левым берегом р. Лены, осадки убывают с севера на юг и с запада на восток, но их изменения по территории невелики – от 300 до 400 мм. Мощные горные цепи Верхоянского хребта, ориентированные в меридиональном направлении и переходящие в широтное в устье р. Алдан при его слиянии с р. Леной, резко нарушают эту закономерность. По данным высокогорных станций (Сунтар-Хаята 2068м) на северо-востоке Якутии на наветренных склонах Верхоянского хребта

может выпасть до 800 мм осадков за год, причем на высотах выше 1000 м плювиометрические градиенты еще не имеют отрицательных значений. Много осадков выпадает на Алданском нагорье (около 700 мм). Наименьшие годовые суммы осадков характерны для островов и побережий морей Лаптевых и Восточно-Сибирского (220-250 мм), а также для Янской межгорной впадины, где в районе Верхоянска выпадает всего 200 мм осадков за год [206].

Годовое количество осадков по территории изменяется от 200 до 250 мм на побережье и в замкнутой Верхоянской низменности, и увеличивается в горной части до 600 мм. Большое количество осадков выпадает на западных склонах Верхоянского хребта и хребта Сунтар-Хаята. Значительно более обильными осадками отличаются горные хребты юга и юго-востока.

Общеизвестно, что вторым по важности индикатором современного потепления климата после повышения температуры воздуха является увеличение количества атмосферных осадков, но осадки были и остаются одним из самых изменчивых во времени и пространстве элементов климата, а межгодовые колебания годовых их сумм гораздо более значительны, нежели температуры воздуха. Средний период наблюдений за атмосферными осадками в Якутии составляет 72 года. Наибольший период наблюдений, который составил 126 лет, проводится на старейшей метеостанции республики – г. Якутск. Также наибольшая продолжительность наблюдений за атмосферными осадками имеется на метеостанциях: Верхоянск (122 года), Среднеколымск (113 лет), Вилюйск (116 лет), Олекминск (119 лет), Усть-Мая (109 лет) и Кюсюр (100 лет). В результате проведенной работы была сформирована база данных климатических показателей атмосферных осадков, включающая практически все имеющиеся в наличии наблюдения за количеством среднемесячных атмосферных осадков на территории Республики Саха (Якутия).

За период с 1961-2010 [103] в связи с потеплением климата изменились данные по осадкам на разных метеорологических станциях (Рис. 1.1):

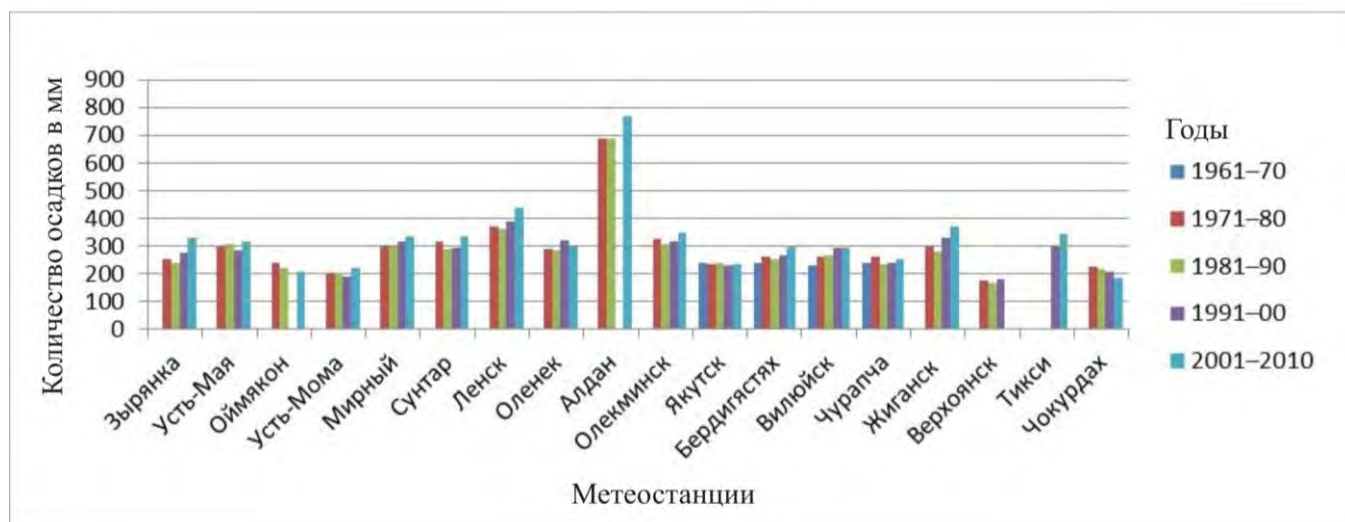


Рис. 1.1 Средние за 10-летия значения осадков на станциях, расположенных на территории Якутии

За последнее 30 лет количество осадков увеличилось: более существенно в Южной и Восточной частях, в остальных районах, менее значительно. Увеличение среднегодовых значений осадков связано с повышением среднегодовых температур за холодный период.

1.2 Геолого-геоморфологическое строение озерных систем

Территория Якутии занимает большую площадь, размеры которой составляют около 3,1 млн.км², на севере территория омывается двумя морями: Лаптевых и Восточно-Сибирским. Формы рельефа поверхности Якутии разнообразны. Но их можно разделить на две области: западно-платформенную и восточно-геосинклинальную, которые формировались в течение кайнозойской эры под воздействием альпийского горообразования, вековых колебаний земной коры, текучих вод, ледников, термокарстового и других процессов.

Физико-географической границей северной части Якутии являются берега моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, её западная граница проходит по Северо-Сибирской платформе, на востоке Якутия граничит с Юкагирским нагорьем, южная граница проходит по Становому хребту. Таким образом, на севере территория охватывает Яно-Индигирскую, Колымскую и Анабаро-

Оленекские низменности. Изучение их геологических и геоморфологических особенностей показало неразрывную связь их формирования с историей накопления многолетнемерзлых четвертичных отложений, включающих подземные льды.

Разнообразные полигональные формы микрорельефа в виде пятен-медальонов, каменных колец и многоугольников, бугристых марей и морозобойных трещин широко распространены на междуречьях, пологих склонах, днищах долин, в их основе лежат процессы морозобойного растрескивания и пучения [155].

Мерзлые породы приморской низменности, района, который занимает значительную площадь в северной части Якутии, обладают мощностью в 500-600 м, при этом среднегодовая температура мерзлых пород не превышает -9°C . Мощность сезоннопротаивающего слоя от 0,1-0,4 м при наличии мохового и торфяного покрова, до 0,5-1,0 м на участках, лишенных растительности. Отличительная особенность многолетнемерзлых четвертичных отложений района Приморской низменности – их большая насыщенность подземными льдами. Особенно широко представлены повторножильные льды, достигающие иногда 10 м в ширину и 40-50 м в высоту. Повсеместное распространение подземных льдов обуславливает интенсивные процессы термокарста. Широко распространено явление морозобойного растрескивания почвогрунтов. Обычно трещины появляются под прямым углом и образуют правильные четырехугольные полигоны, длина сторон которых колеблется от 15 до 30 м. Южнее, ближе к полярному кругу, мощность многолетней мерзлоты колеблется от 300-500 м. Глубина сезонного протаивания составляет от 0,5 м на заболоченных участках до 1,5 м на сухих водоразделах, сложенных с поверхности песчаными и супесчаными почвогрунтами [165-166].

К наиболее распространенным и динамичным рельефообразующим процессам в пределах низких уровней устьевой области р. Лены относятся флювиальные процессы. Довольно ограниченную роль в развитии рельефа поймы следует отводить термокарсту, который здесь проявляется в формировании

неглубоких озер в сравнительно молодых льдонасыщенных отложениях и находится на начальной части развития. При образовании озер приморской низменности основную роль играет вечная мерзлота. Рельеф устья Лены является результатом действия гетерогенных факторов, в том числе тектонических, ледниковых, флювиальных и др. Преобладающий тип рельефа в прибрежной зоне – морская аккумулятивная равнина [60]. Устьевая область р. Лены давно вызывала интерес исследователей распространения многолетней мерзлоты и особенностей залегания и прохождения подземных льдов, имеющих непосредственное отношение к характеру развития процессов криоморфогенеза [57].

Крупные тектонические элементы, которым соответствует территория низменностей – это приморская зона Колымско-Чукотского мезозойского складчатого пояса и Колымский срединный массив. В некоторых участках опускание, очевидно, сочеталось с движениями по разломам, что определило образование грабенообразных впадин и останцов горстово-глыбовых структур. Такими впадинами являются Зырянское понижение на юге Колымской низменности, Абыйская депрессия и, вероятно, Ожогинская низменность. Останцы горстовоглыбовых структур, образуют небольшие островные возвышенности среди озерно-аллювиальной равнины; возвышенности сложены мезозойскими, юрскими и меловыми эффузивами [91,123].

Наиболее изученной и заселённой территорией является Центрально-Якутская низменность. Эта равнина делится на две части: Лено-Амгинскую и Лено-Вилуйскую провинцию. Простирается от Северного полярного круга до северных склонов Лено-Алданского плато к междуречью Вилюя и Лены. Через середину территории в субширотном направлении проходит ось Вилуйской синеклизы.

Лено-Вилуйская провинция занимает междуречье Вилюя и Лены от Сунтарской излучины Вилюя на западе примерно до меридиана Якутска на востоке. Эта пологоволнистая денудационная равнина довольно сильно расчленена начинающимися здесь долинами левых притоков Лены и правых притоков Вилюя. В верховьях долин расположены заболоченные участки. На

широких равнинах междуречья иногда встречаются остатки покинутых долин. На западе территории в районе Кемпендяйских соленосных структур отмечены карстовые озера [80], а на восточной половине провинции встречаются аласы глубиной не более 2-3 м. Типичные зрелые аласы развиты на междуречье Тюнгене – Ситте – Кенкеме – Лена. На северо-востоке региона встречаются глубокие 5-6м, замкнутые аласы с булгунняхами [37].

Территория Восточной Якутии построена значительно сложнее: к горной ее части относятся горные системы хребтов Верхоянского, Черского, Момского и Яно-Оймяконское плоскогорье с Верхоянской впадиной, Оймяконская Нерская котловины и в северо-восточной части – Алазейское и Юкагирское плоскогорья [86]. Большая часть её занята горными сооружениями, в числе которых горные цепи Верхоянская, Полоусная и Черского, Яно-Индибирское нагорье, Алазейское и Юкагирское плоскогорья, и лишь на севере, в приморской зоне, расположена Яно-Колымская низменная равнина. Она простирается на юг в пределы Колымского массива.

Западные склоны хребтов Верхоянской цепи обрываются к долинам рек Лены и Алдана уступом высотой 400-500 м, восточные – более пологие и постепенно переходят в Яно-Индибирское нагорье. Абсолютные отметки водоразделов хребтов повышаются с севера на юг. Южная часть Верхоянской цепи выражена Сетте-Дабанским хребтом, к востоку от него расположен высокогорный узел Сунтар-Хаята с абсолютной отметкой 2959 м, которая является наивысшей точкой Верхоянья.

Крупная Момо-Селенняхская депрессия делит цепь Черского на две ветви – северо-восточную, известную как цепь Билибина, и юго-западную – цепь Обручева. Основным хребтом цепи Билибина является Момский, его водораздел достигает отметок 2500 м. Цепь Обручева состоит из нескольких (до пяти) параллельных хребтов, которые разделяют межгорные долины и впадины, сменяющиеся другими хребтами. Отметки наиболее высоких водоразделов составляют 2300-2500 м.

Яно-Индибирское нагорье расположено между цепями Верхоянской и Черского. Его рельеф характеризуется сочетанием плоскогорий, межгорных впадин и сравнительно невысоких хребтов. Абсолютные отметки поверхности плоскогорий повышаются с севера на юг от 500 до 1500 м, при глубине вреза речной сети обычно до 200-350 м. Алазейское и Юкабирское плоскогорья расположены к востоку от долины р. Индибирки. Юкабирское плоскогорье в краевых частях также приподнято на высоту до 400 м, но наибольшая его область – кряжи Чубукулах и Осаинский – возвышаются до 1000 м [143,175].

Территория Южной Якутии расположена на междуречье верховьев Алдана и его правого притока Тимптона, а также частично на правом берегу последнего. С севера и запада ограничена долиной Алдана, с востока – отрогами Алдано-Учурского, а с юга – Станового хребтов. Основную часть занимает Алданское нагорье, в пределах которого отчетливо выделяются Центрально-Алданская область гольцового плоскогорья и плато, Алданское плоскогорье и Чульманское плато. В юго-восточной части находится Юдомо-Майское нагорье, между системами хребтов Верхоянского и Черского.

Алданское нагорье представляет собой сложно построенную и сильно расчлененную горную страну, представляющую собой систему плоскогорий, отделенных друг от друга среднегорными хребтами или межгорными впадинами, отображенными на гипсометрической схеме. Высота водоразделов горных хребтов и отдельных гольцовых возвышенностей составляет 1600-2000 м. Днища высоко поднятых межгорных котловин лежат на отметках 700-800 м. С юга Алданское нагорье окаймлено Становым хребтом, являющимся водоразделом между реками бассейна Лены и Амура. Максимальная отметка Станового хребта 2412 м, и Алданское нагорье, на котором выделяется ряд горных цепей: на юго-западе – кряж Зверева с наибольшей высотой 2041 м, в восточной части – Алдано-Учурский хребет с отдельными вершинами с высотой более 2200 м, а южнее – более низкий Сутамо-Гонамский хребет. В центральной части нагорья протягивается хр. Западные Янги с высшей отметкой 1903 м (г. Эвота). На востоке

нагорье обрамляется хребтом Джугджур, который служит водоразделом между реками бассейнов Алдана и Охотского моря [79,199].

В геоморфологическом плане Западная Якутия находится в пределах Сибирской платформы. На севере, востоке и юго-востоке от окружающих ее гор и низменностей она обособляется цокольными равнинами и полосами предгорий. Чехол осадочных пород палеозоя, залегающих почти горизонтально, предопределяет равнинность современного рельефа. Вместе с тем существуют блоки, унаследованные от мезозойских поднятий, происходивших более активно, чем интенсивность денудационного сноса. В результате этого по окраинным частям платформы в пределах синеклиз сохранились возвышенные участки плато.

Устойчивое поднятие с конца мезозоя отмечается на Вилюйском трапповом и Приленском плато, а также в границах Анабарского массива; преимущественное погружение с середины мезозоя испытывают равнины, низменности и депрессии Вилюйской синеклизы, Лено-Анабарского и Приверхоянского прогибов [24].

1.3 Геокриологические условия и термокарстовые явления

Одной из особенностей Якутии, является многолетняя мерзлота. Большая часть территории Якутии (90%), за исключением юго-западной и южной части расположена в зоне сплошной многолетней мерзлоты. Мощность этих горных пород в разных частях имеет разную толщину и многое зависит от климата, рельефа местности, характера почвенного и растительного покрова, состава и строения горных пород, экспозиции склонов и других природных условий. Наибольшая мощность достигает до 1500 м в верховьях реки Марха (левый приток р. Вилюй). Вся северная и частично центральная часть Якутии представляют сплошную мерзлую зону мощностью от 400 м и больше. В изучение многолетней мерзлоты большой вклад внесли такие исследователи, как Н.Н. Романовский [157-161], В.Р. Алексеев [6,7], Е.М. Катасонов [90-92], С.М. Фотиев [195,196], Б.И. Втюрин [34], С.Е. Гречищев [54] и др.

Исследования мерзлых горных пород на юге были начаты во второй половине XX века [16,193]. Алданский район в морфоструктурном плане относится к денудационным плато и плоскогорьям. Особенности их формирования в значительной степени зависят от процессов сезонного и многолетнего промерзания и оттаивания пород. Однако это приводит к формированию бугров пучения [50].

Низменности, развитые в низовьях Яны, Индигирки и Колымы, как в геологическом, так и в геоморфологическом отношении сходны между собою. Все они являются древними озерно-аллювиальными равнинами, сформированными в сходной геотектонической обстановке, в условиях вечной мерзлоты. Это определило специфику их геологического и геоморфологического строения: накопление мощных толщ льдонасыщенных пород, включающих крупные (до 40 м. по вертикали) ледяные жилы (Рис. 1.2), широкое распространение термокарстовых и криогенных форм рельефа [182,203,213].



Рис. 1.2 Обнажение ледового комплекса в районе Верхоянска (фото Новгорова Г.И., 2012 г.)

Основными типами рельефа рассматриваемой территории являются термокарстовый (аласный) и эрозионно-аккумулятивный. Зарождению и развитию аласных форм рельефа благоприятствуют геологические и

геоморфологические условия Центрально-Якутской низменности. Аласные формы рельефа и ландшафты изучены многими исследователями [20,171].

На рассматриваемой территории выделяются два района распространения аласов. Первый из них (восточный) охватывает территорию Лено-Амгинского междуречья, для которого характерны глубокие аласы на мощном ледовом комплексе (до 30-40 м). Второй (западный) расположен в пределах Лено-Вилюйского междуречья, где характерны неглубокие аласы на маломощном ледовом комплексе (5-10 м).

Сплошное распространение многолетней мерзлоты прерывается только под руслами крупных рек. В среднем мощность мерзлых многолетнемерзлых пород в Центральной Якутии изменяется от 200-400 м в пределах надпойменных террас среднего течения р. Лена до 400-500 м на денудационной и денудационно-аккумулятивной равнинах. Температура мерзлых пород на глубине 15-20 м в среднем составляет $-3...-5^{\circ}\text{C}$. Глубина сезонного протаивания почвогрунтов составляет в среднем 1,1-1,3 м.

Термокарстовые явления. Термин «термокарст» произошел от сокращения слов – «термический карст». Термокарст – это совокупность физико-географических процессов и явлений, связанных с вытаиванием подземных льдов и сопровождающихся просадками земли, что приводит к появлению отрицательных форм рельефа или микрорельефа. Подземный [33,34] (или ископаемый) лед и его таяние являются тем главнейшим условием, при котором возникает термокарст. Количество или объем подземного (ископаемого) льда имеет первостепенное значение, так как им определяется величина термокарстовых форм, образующихся при его вытаивании, их массовость или единичность и другие особенности. Объем льда большей частью вполне эквивалентен размерам образовавшихся полостей на местах просевших участков земной поверхности.

Многолетнемерзлые породы в Якутии появились около 2 млн. лет назад. Увеличение мощности многолетнемерзлых пород продолжалось и в позднеплейстоценовое (сарганское) вплоть до настоящего времени. Условие

возникновения термокарста можно сформулировать следующим образом: термокарст начинает образовываться в том случае, если в силу тех или иных причин происходит таяние льда или оттаивание льдистого грунта, находящихся [до этого в многолетнемерзлом состоянии. Обычно это происходит на некотором ограниченном участке.

Термокарст играет большую роль в формировании особого класса озер – термокарстовых. Процесс развития термокарста характерен для Якутии и ее сопредельных районов. Благодаря этому процессу образовались отрицательные формы рельефа, что представляет формирование особых по строению озерных-речных котловин [214].

П.А. Соловьев [170,171] более углублённо разработал морфологическую классификацию термокарстовых форм рельефа, ранее предложенную Н.А. Граве [52], А.М. Пчелинцевым [148] и С.П. Качуриным [96-98] и др. Неравномерное вытаивание льда создает разнообразные понижения аласного рельефа. Формирование и развитие аласных экосистем, наиболее подробно и развернуто рассматриваются в работах Н.А. Вельминой [25,26], Н.П. Босикова [20,191], Р.В. Десяткина [63,64] и Д.Д. Саввинова [167]. Аласы [63,64] – плоские понижения от десятков метров до нескольких километров в диаметре. Условно в процессе формирования аласной долины можно выделить характерные фазы развития. Аласная долина развивается неравномерно на всем протяжении, и отдельные участки ее проходят одинаковые фазы в разное время.

Будучи замкнутыми или полузамкнутыми термокарстовыми котловинами, аласы в своем развитии сильно зависят от наличия подземных льдов. Зрелая стадия развития наступает в пору полного их вытаивания. При дальнейшем развитии, проходя ряд стадий, они превращаются в сухие или с остаточным озерком котловины с характерным только для них комплексом таких фаций, как остаточные озера, булгунняхи, разнотравно-злаковые луга на болотных почвах, остепненные луга на солонцеватых остепненных почвах, плоскоравнинное днище, солончаки на микропонижениях днищ аласов, остепненные луга на склонах южной экспозиции, склоны северной экспозиции, как правило, залесенные и др.

Определяющим фактором превращения термокарстовых озер в аласы является засушливый климат территории.

Основной причиной развития термокарста служит изменение величины теплообмена в верхних слоях горных пород в пределах слоя годовых колебаний температуры. Изменение величины теплообмена имеет значение лишь при наличии льда в толще мерзлых горных пород.

При этом возникающие термокарстовые образования весьма сходны с обычными карстовыми, поэтому им часто и дают одноименные названия: «воронки», «западины», «блюдца», «котловины оседания» и др. Вместе с тем возникают формы рельефа, отличающиеся по виду от типичных карстовых, что обусловлено различием процессов, являющихся причинами образования таких форм рельефа – термотеррасы, байджарахи и др.

Потенциальные возможности развития термокарста на юге Якутии определены широким распространением многолетнемерзлых горных пород. Таким образом, особенности географического распространения многолетнемерзлых пород предполагают полное отсутствие современных термокарстовых процессов лишь на склонах и водоразделах Лено-Алданского плато, Чульманского, Сутамского и Токкинского плоскогорий. На остальной территории развитие термокарстовых форм рельефа, их морфология и распространение зависят, с одной стороны, от криогенного строения покровных отложений, с другой – от особенностей денудационных процессов и осадконакопления, а также от условий стока поверхностных и грунтовых вод.

В центральной части рассматриваемого района низменность сложена сильнольдистыми многолетнемерзлыми озерно-аллювиальными отложениями. Отсутствие у аласных озер поверхностного стока делает их зависимыми от годовых и многолетних изменений количества осадков и величины испарения. Для изучения динамики развития аласов проводились режимные наблюдения за направлением и скоростью развития термокарстовых котловин в различных природно-территориальных комплексах.

Специфическим признаком этих котловин является вытаивание подземного льда и образование озера. По мере истощения внутригрунтового запаса льда и из-за недостаточности увлажнения территории озеро усыхает, после чего на дне котловины развиваются в разной степени засоленные типы почв с остепененными лугами, т.е. только засушливый климат обуславливает развитие в Центральной Якутии ландшафтов, не имеющих аналогов.

1.3.1 Карстовые явления

Большой научный и практический интерес имеет проблема взаимоотношения карста и многолетней мерзлоты. Не вдаваясь в подробности этого сложного вопроса, отметим, что многолетняя мерзлота в растворимых породах, особенно при наличии трещин, лишь замедляет карстообразование, а не исключает его. Он вызывает локализацию карстовых процессов в тектонически раздробленных зонах. Способствуя более интенсивному теплопереносу и инфильтрующимися водами, карст является мощным отепляющим фактором, приводящим к деградации многолетнемерзлых пород. Карстовые явления широко распространены на рассматриваемой территории в пределах развития нижнекембрийских доломитов и известняков Приалданского плато, на южной периферии Центрально-Алданского гольцового района и в меньшей степени – на северной и восточной окраинах Чульманского плато. Наиболее активно современный карст развит на днищах речных долин. Карстование в той или иной мере подвержена вся толща пород, при этом большую роль играет степень их тектонической трещиноватости. Наиболее легкорастворимые известняки при карстовании образуют чётко выраженные воронки глубиной до 5 м, реже до 10-15 м. Менее растворимые доломитизированные известняки образуют карстовые блюдца длиной от 5 до 50 м, шириной 0,5-4 м, глубиной 1-1,5 м, слабо выраженные в рельефе. Реже проявляется в виде воронок и озерков [155].

Ослабление или полное исчезновение водотоков (реки Джеконда, Талая, Оганьор, ключи Сухой, Еннье, Курдытар-Юрюйэтэ и др.) является одним из

важным в инженерно-геологическом отношении следствий карстаобразования в долинах рек. Важную категорию карстовых явлений составляет древней погребённый карст. Этот вид карста встречается у приалданского плато и северной окраины Чульманского плато (водораздел рек Ивагли и Муркегу). К этому же типу относятся карстовые формы в долине рек Селигдара и Якокита, погребённые под древним аллювием [200].

Озера соляного карста на соленосных породах или на вершинах соляных куполов находятся в пределах бассейна реки Кемпяндяй и притока р. Тонгуо. В пределах Приленского плато широко распространён карбонатный карст. Карстующимися породами здесь являются синийские и нижнепалеозойские известняки. Озера, связанные с карбонатным карстом, в основном коррозионные (поверхностного выщелачивания), имеют очень малые размеры и глубины (максимальные глубины колеблются от 2 до 2,5 м) [73,74].

1.4 Гидрография

На территории республики насчитывается свыше 700 тыс. рек. Из них 14 имеют длину свыше 1000 км. Речная сеть Якутии принадлежит к бассейнам морей Лаптевых (реки Анабар, Оленек, Лена, Омолой, Яна) и Восточно-Сибирского (к западу от устья р. Колымы – реки Индигирка, Алазея и ряд меньших водотоков) [51].

Согласно классификации Б.Д. Зайкова [77], на территории распространения многолетнемерзлых пород по характеру водного режима реки можно разделить на западносибирский, восточносибирский, дальневосточный и тьянь-шанский типы. Для региона характерно смешанное питание рек, однако в пределах плато, равнин и низменностей преобладает снеговое питание, а в горах – дождевое и ледниковое. Роль подземных вод в питании рек из-за распространения многолетнемерзлых пород незначительна, хотя в горных районах, геологические структуры которых характеризуются большой трещиноватостью, а также в районах активного проявления карста она довольно существенна (10-40 %). В

последние годы в результате лабораторных экспериментов установлено, что дополнительным источником зимнего питания рек зоны многолетней мерзлоты может быть водоотдача в период промерзания песков слагающих таликовые участки в поймах долин [2,3,22,172].

В Якутии 14 рек с длиной более 1000 км (таблица 1.1), наибольшую площадь водосбора имеет р. Лена 2490 км²

Таблица 1.1 Крупнейшие реки Якутии (длиной свыше 1000 км)

Реки Якутии	Длина, км	Площадь, тыс. км ²	Модуль стока, л/с·км ³
1.Лена	4400	2490	6,6
2.Олекма	1436	210	10
3.Алдан	2242	718	7,4
4.Мая	1053	171	6,9
5.Амга	1465	72	-
6.Виллюй	2435	491	4,7
7.Марха	1181	99	-
8.Тюнг	1095	50	-
9.Оленек	2270	219	8
10.Яна	1492	239	4,2
11.Индигирка	1790	360	5
12.Алазея	1590	70	5
13.Колыма	1763	652	5,9
14.Омолон	1114	113	-

Большие реки текут в меридиональном направлении с юга на север, исключение составляют р. Лена на участке от истока до г. Якутска и р. Виллюй. Густота речной сети относительно большая – в среднем около 0,5 км/км². В горных районах она более 1,0 км/км² (в верховьях р. Индигирка), в Центрально-Якутской низменности до 0,1 км/км².

Характерной чертой речной сети Центральной Якутии является весьма незначительная ее густота, в среднем 0,2-0,3 км/км². Самых низких значений она достигает на Лено-Амгинском междуречье, где широко представлены аласные формы рельефа: до 0,007 км/км².

Долины крупных рек Центральной Якутии несут три комплекса террас. Верхний комплекс высотой от 80-120 до 200-240 м имеет неоген-раннечетвертичный возраст и включает в себя расчлененные террасы. Средний комплекс высотой от 30-40 до 70-80 м образовался при интенсивном врезании рек. Нижний комплекс имеет высоту от 2-3 до 20-25 м и включает две надпойменные террасы и пойму.

По типу питания они относятся преимущественно к снеговому питанию. При общем для всех рек территории смешанном питании преобладание какого-либо его вида в пределах той или иной области различно. Реки западной, относительно равнинной части, и Центральной Якутской низменности имеют преобладающее снеговое питание. Реки горных районов южной части, кроме верховьев Лены и её верхних притоков, а также северо-восточной части питаются преимущественно дождевыми водами.

Наибольшее влияние на водный режим рек Якутии оказывают климат, рельеф и вечная мерзлота. В условиях вечной мерзлоты питание рек подземными водами очень низка. Особенно мало подземное питание рек в районах Крайнего Севера. На крайнем юге и юго-западе Якутии, где вечная мерзлота не имеет сплошного распространения и мощность её небольшая, доля подземного питания увеличивается. В восточной и южной Якутии некоторые реки связаны с выходами подземных вод. В этих же районах встречаются реки, в питании которых принимают участие ледники и наледи [201].

1.4.1 Гидрогеология

Роль многолетней мерзлоты в формировании гидрогеологических условий весьма значительна. Глубокое промерзание горных пород вызвало сокращение областей питания отдельных гидрогеологических структур и их водоемкости, исключило из кругооборота огромные массы воды [210]. Подземные воды криолитозоны можно рассматривать как фактор, определяющий физическую сущность процессов промерзания и протаивания горных пород. Вне

криолитозоны, инфильтрация атмосферных осадков имеет первостепенное значение среди других факторов в питании грунтовых вод и верховодки в целом. Однако, роль данного фактора в питании подземных вод зависит от многих условий: интенсивности и режима выпадения атмосферных осадков, уклона и рельефа местности, температурных колебаний, литологического состава, мощности, состава почвенного слоя, характера растительности и др. [183-185]. Мерзлота образует водоупорный горизонт для атмосферных осадков, усиливающий поверхностный сток и способствующий этим многоводности рек. В то же время наличие многолетней мерзлоты играет важную роль в формировании озерных котловин термокарстового происхождения (Рис. 1.3).



Рис. 1.3 Схематическая карта распределения подземного стока в реки, л/с.км² (Ресурсы поверхностных вод, 1972)

Карта показывает, что распределение изолиний модулей подземного стока в целом подчинено широтной зональности и высотной поясности. На фоне этой общей закономерности, отражающей региональную мерзлотно-гидрогеологическую зональность и поясность, уменьшение подземного стока наблюдается в районе Центральной Якутии и увеличение – в приленской полосе Алданского крыла Якутского артезианского бассейна. Подземные воды Якутии формируются в разнообразных по генезису, составу, сложению и возрасту водоносных комплексах. Общая картина распределения и формирования подземных вод Якутии осложняется повсеместным распространением мерзлой зоны, прерывистой на юге Якутии и сплошной на большей части ее территории [25]. По отношению к ней подземные воды делятся на надмерзлотные, подмерзлотные и межмерзлотные. Процессы промерзания и таяния оказывают влияние на воды всех без исключения водоносных комплексов, тяготеющих к приповерхностной части гидрогеологического разреза; решающее воздействие они оказывают на воды четвертичных отложений.

Исследуемый регион характеризуется чрезвычайно сложными гидрогеологическими условиями, что обуславливается его геологоструктурными и мерзлотными особенностями. Многолетнее и сезонное промерзание и протаивание горных пород оказывает существенное влияние на свойства гидрогеологических структур, которое выражается в том, что водоносные структуры переходят в качественно новое состояние, становясь криогенными водоупорами, т.е. превращаются в специфические мерзлотно-гидрогеологические структуры, многие из которых характерны только для мерзлой зоны [3,14,15].

Приморская низменность и северная часть Якутии, представляют собой обширную озерно-аллювиальную равнину и из-за наличия мощной толщи мерзлых пород и полностью промороженных аллювиальных отложений сквозные талики встречаются здесь крайне редко, поэтому малые и средние реки в самом начале зимней межени перемерзают и для них не характерно развитие крупных наледей и полыней. В теплый период поверхностный грунт оттаивает в среднем до 0,5 см.

В пределах района Центральной Якутии широко развиты криогенные формы рельефа (термокарстовые озера, впадины, бугры пучения), а также эоловый тип мезорельефа [207-209]. Долины крупных рек представляют собой заболоченную озерную котловину, зимняя межень на реках наступает обычно в первых числах октября и заканчивается в конце апреля, средняя продолжительность межени составляет примерно 210 дней. Реки отличаются весьма малой водностью в зимнюю межень: в долинах малых и средних рек аллювиальные отложения имеют столь малую мощность, что в течение ноября все они перемерзают.

В работах С.М. Фотиева [195,196] описываются гидрогеологические особенности Южной Якутии. Большинство рек (Алдан, Тимптон, Гонам, Учур, Мая, Токо) замерзает в конце октября, а вскрывается лишь в конце апреля и мая. В наиболее суровые зимы даже крупные реки, такие как Унгра, Чульман и Тимптон, промерзают до дна. Поверхностные воды в них сохраняются лишь на дне глубоких изолированных плесов, а также на некоторых участках, расположенных ниже зоны разгрузки артезианских вод [25].

Доля подземных вод в питании рек, находящихся в условиях сплошной многолетней мерзлоты, обычно не превышает 2%, а в питании рек, находящихся в условиях островной мерзлоты (верховья Лены), достигает 35-45% годового стока (но данный участок находится за пределами Якутии, вблизи оз. Байкал). Участие подземных вод в стоке рек увеличивается в районах активного проявления карста (средняя часть бассейна Лены – р. Олекмы, Тимптона) здесь развиты закарстованные карбонатные отложения, отличающиеся водообильностью и образующие артезианские бассейны, ограниченные крупными разломами. В пределах низменности Центральной Якутии меняются особенности формирования стока в районах распространения многолетней мерзлоты: речной сток снижается до 20-25 мм, а подземный – до 2 мм. Минимальными величинами подземного стока в реки (меньше 5 мм.) отличается Яно-Индибирская низменность и частично Оймяконское плоскогорье [3, 188].

Данные о величине подземного стока в реки Якутии (на основании результатов расчленения около 2000 гидрографов) нанесены на основную гидрогеологическую карту в форме изолиний стока. Основанием для этого являются общий характер подземного питания и близкий гидрологический режим рек. В случае, когда гидрогеологические условия оказывались однородными, а плотность размещения расчетных гидрологических створов по территории недостаточной, допускалась интерполяция величин.

Поскольку существуют зоны питания и разгрузки подземных вод, то в толще земной коры под действием гидравлического уклона или пьезометрического напора формируется подземный сток. При этом движение воды происходит как в почве, так и в грунтах (почвенный и грунтовый сток).

1.5 Почва и растительность

В лесах Якутии господствует даурская лиственница, она является основной породой крупнейшего в мире лесного массива, расположенного в Восточной Сибири, к северу от 48° с.ш.

В приморской полосе почвенный покров представлен песчано-суглинистыми, щебенчатыми (местами каменистыми россыпями и галечниками) примитивными тундрово-болотными разностями с близким к поверхности залеганием многолетней мерзлоты. Здесь преобладают мхи и лишайники. Верхние слои почв местами заторфованы.

На равнинной части в лесотундре широко распространены мерзлотные торфянисто-глеевые кислые почвы, а в долинах рек – карбонатные полуболотные и торфянисто-болотные почвы. В северо-восточной Якутии, почвенный и растительный покров сильно зависит от геоморфологического строения и характера материнских пород. Низменная равнинная территория района покрыта осоково-пушицевыми болотами (самые низкие места), осоково-вейниковыми заболоченными лугами (низкие места), кустарниково-моховыми и кустарниково-лишайниковыми ассоциациями (возвышенные места) и сфагновыми болотами. На

62-63° с. ш. граница леса поднимается на южных склонах до 1600 м, а на северных – до 1500 м. Севернее эта граница постепенно понижается. Выше границы леса лежит горно-тундровый – гольцовый пояс с преобладанием мхов, лишайников, кедрового стланика и березки Миддендорфа [71,192,212].

Южная Якутия, по В. Г. Зольникову [80], делится на две ландшафтные подзоны: таежную и горно-таежную. Первая занимает северную часть района, примерно 2/5 его территории. На междуречьях здесь развита преимущественно лиственнично-брусничная тайга с древостоем хорошего бонитета, с небольшой примесью берёзы. В пониженных местах бонитет лиственниц понижается, а примесь берёзы и развитие багульниково-мохового покрова увеличиваются. На карбонатных породах под этими лесами развиты дерново-лесные и лесные палевые почвы, а на элювии мезозойских пород – лесные нейтральные (бывшие подзолистые) почвы. В долинах рек развиты разнотравные луга, часть из которых заболочена. В горно-таёжной зоне с отметками выше 1200 м лежат гольцовые россыпи, а на высоте 800-900 м преобладают горно-тундровые ландшафты.

В Центральной Якутии около 75% территории занято лесами [139,140,221]. Основной лесообразующей породой является лиственница, занимающая 92% покрытой лесом площади лиственницы Каяндера (*Larix Cajanderi* Mayr) и сосны обыкновенной (*Pinus Silvestris* L.). Сосна и берёза имеют подчиненное значение (6% и 2% соответственно). Ель встречается очень редко и в основном в долинах рек, в условиях вечной мерзлоты рост деревьев очень сильно зависит от изменений климатических факторов и гидротермического режима мерзлых почв [149,150,193]. Данная территория относится к таежно-алаской провинции мерзлотных почв в сочетании с луговыми и засоленными почвами аласов. На Лено-Амгинском междуречье широкое распространение имеют мерзлотные палевые почвы и аласные почвы, связанные с развитием термокарста.

ГЛАВА II. ОЗЕРНЫЙ ФОНД ЯКУТИИ И ЕГО ИЗУЧЕННОСТЬ.

2.1 Генетическая классификация озер.

Морфогенетические классификации. Еще в 1917 г. П.И. Броунов указывал на то, что происхождение озерной котловины определяет главные типичные особенности озера. В связи с этим наиболее естественной классификацией является та, которая основывается на происхождении озерных «ванн» [124]. В П.Ф. Домрачев предложил морфометрическую классификацию с учетом обширного перечня показателей и признаков, включающего рельеф дна, грунты, форму и строение берегов, термический и кислородный режим, прозрачность и цветность воды [70]. Более детальная классификация, основанная на тех же признаках, дана Д. Хатчинсоном [198], Д.Д. Квасовым [99], И.И. Жирковым [76] и др.

На территории Якутии насчитывается более 723 тысяч озер различного происхождения [4], но постоянных озерных постов и станций в республике нет. Единичные ведомственные посты открывались на один или несколько коротких сезонов. В настоящее время действуют 7 пунктов наблюдений на озерах и из них 5 постов – на Вилюйском водохранилище. Наибольшее количество озер сконцентрировано на северной и северо-восточной части Якутии [1,85-88, 142,168,190],

На рассматриваемой территории по лимногенетической классификации, разработанной в Лаборатории озероведения СВФУ (И.И. Жирков), выделено 14 типов, 29 подтипов, 64 вида и целый ряд подвидов и разновидностей озер. Среди них выделяются наиболее распространённые типы озер: термокарстовые, эрозионно-термокарстовые, речные озера (старицы), ледниковые, тектонические в горах, тукулановые и другие, менее значимые в жизни населения.

Термокарстовые озера (аласные озера).

Озера термокарстового происхождения распространены практически по всей территории Якутии и в сопредельных районах [102,151]. Термокарстовые

озера распространены на покровных отложениях современных и древних выровненных денудационных равнин и плато, сложенных мезозойскими осадочными породами, а также на средних и высоких террасах крупных рек Центральной Якутии [35,128].

Для термокарстовых озер Центральной Якутии характерна небольшая площадь зеркала (Рис. 2.1 и 2.2), малая глубина и округло-овальная форма, а на северной и на приморской области площадь зеркал озер намного больше. По конфигурации термокарстовые озера близки к округлым, имеют преимущественно небольшие размеры, незначительные глубины порядка 1,5-4 м, редко составляет 10 м и больше. Озера провального подтипа отличаются захлапленностью древесиной и наличием ассиметричной впадины.



Рис. 2.1 Самое крупное озеро термокарстового происхождения Мюрю



Рис. 2.2 Распространение термокарстовых озер на Лено-Вилуйской низменности

Наиболее известное озеро Эйик термокарстового происхождения расположено на более низких отметках участка, вокруг него сконцентрированы более мелкие озера термокарстового происхождения. На снимке (Рис. 2.3) видно, что берега озер сильно заболочены и в связи с труднодоступностью, озера данной местности не исследованы.



Рис. 2.3 Озеро термокарстового происхождения Эйик и прилегающие к нему озера того же происхождения на Западной части Якутии

Речные озера или озера водно – эрозионного происхождения.

К водно-эрозионным относятся пойменные, речные и озера расположенные на дельтах или в устьях рек. Образуются в результате отделения от реки проток (рукавов) и участков старого русла (стариц), либо затоплены полыми водами пониженных участков. Озера, имеющие водно-эрозионное происхождение, распространены вдоль рек (Рис., не имеют связи с рекой и с другими водоемами, берега заочкарены, имеют вытянутую виде борозд или подковообразную форму. Глубина небольшая, берега слабо изрезаны, площадь водосбора зачастую слабовыраженная (Рис. 2.4).

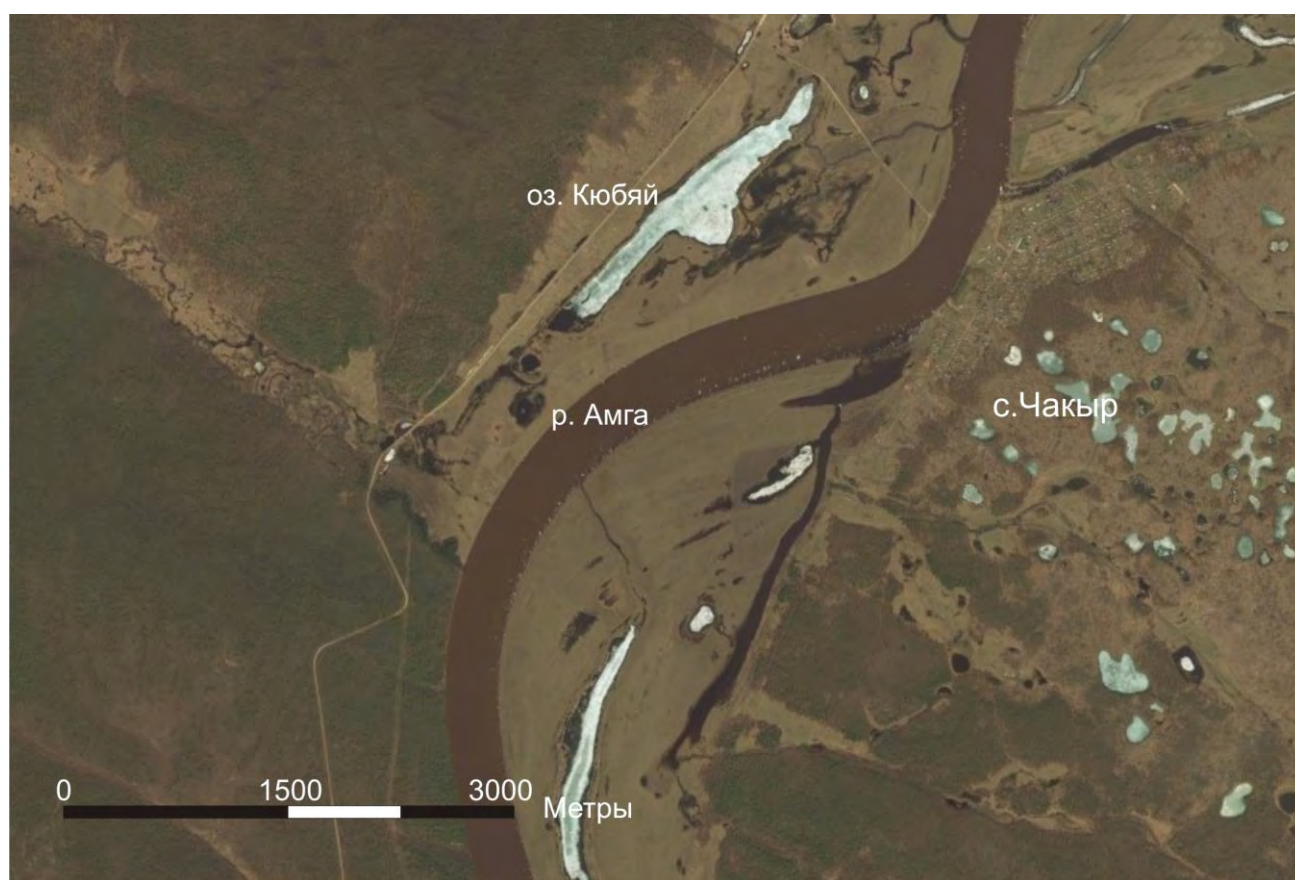


Рис. 2.4 Озера водно-эрозионного происхождения

Водно-эрозионные озера сформировались в результате миграции рек при расчленении русел на несколько протоков с последующим отделением внешней протоки, в результате отложений наносов реки. Таким путём произошло формирование большинства вытянутых озёр древних и современных долин региона. Петлевидные старицы в регионе характерны только для мелких рек и

речек, чем больше река, тем больше и глубже озеро. Отложения состоят из русловых песков, покрытых различной мощности глинистым илом, зольность 60-70%. Широко распространены сильно вытянутые в длину и слабо протоковые старицы.

Озера эрозионно-термокарстового происхождения.

На древних долинах крупных рек, на террасах среднего и верхнего комплексов расположены почти все наиболее крупные озера региона. Эрозионно-термокарстовые озера по мере поднятия на более высокие гипсометрические уровни теряют явные признаки эрозионного происхождения (Рис. 2.5). Поэтому ранее эрозионными считались только те озера, которые находились на современной пойме и низких террасах, а озера или системы озер, находящиеся на древних террасах среднего и высокого уровней, считались термокарстовыми. Ледниковые и межледниковые отложения среднечетвертичного возраста и, частично, демьянские древнеледниковые, а также верхнечетвертичные отложения террас большей частью являются льдонасыщенными и подвержены термокарстовым просадкам. Берега крупных долгоживущих реликтовых эрозионных озер и склоны котловин оказались переработанными термокарстовыми процессами, в результате чего озера приобрели округлые и округло-удлиненные очертания в плане. Такие озера выделены в эрозионно-термокарстовый морфогенетический тип.



Рис. 2.5 Крупное озеро эрозионно-термокарстового происхождения Ниджили

Эрозионно-термокарстовые озера являются наиболее древними в Центральной Якутии, о чем свидетельствует максимальная мощность донных отложений 4,5-5,5 м. Делятся на две группы: террасовые и аласно-долинные. Максимальные глубины колеблются от 1,8 до 18,8 м. Котловины аласно-долинных озер находятся на озерно-аллювиальных и древних денудационных равнинах.

Озера Ледникового происхождения. Озера ледникового происхождения часто встречаются в районе восточной, северной и южной части Якутии. Ледниковые отложения и процессы аккумуляции осадков мало изменили четкость тектонических линий котловины озера (Рис. 2.6 и Рис. 2.7). Влияние ледника на формирование котловины бывает заметно, он оставляет следы своего пребывания в виде шрамов, бараньих лбов, которые хорошо заметны на скалистых берегах и островах. Берега озер сложены преимущественно из твердокаменных пород, слабо поддающихся эрозии, что является одной из причин слабого процесса осадконакопления.



Рис. 2.6 Озеро ледникового происхождения Ожогино



Рис. 2.7 Озеро ледникового происхождения Ладаннах

Озера тектонического происхождения.

Озера тектонического происхождения отличаются (Рис. 2.8 и Рис. 2.9) от всех вышерассмотренных озер наибольшей глубиной, прозрачностью и большинство из них проточные. Они образуются в местах разломов и сдвигов земной коры. Как правило, это глубокие узкие водоемы с крутыми отвесными и каменистыми берегами, расположенные в глубоких сквозных ущельях.

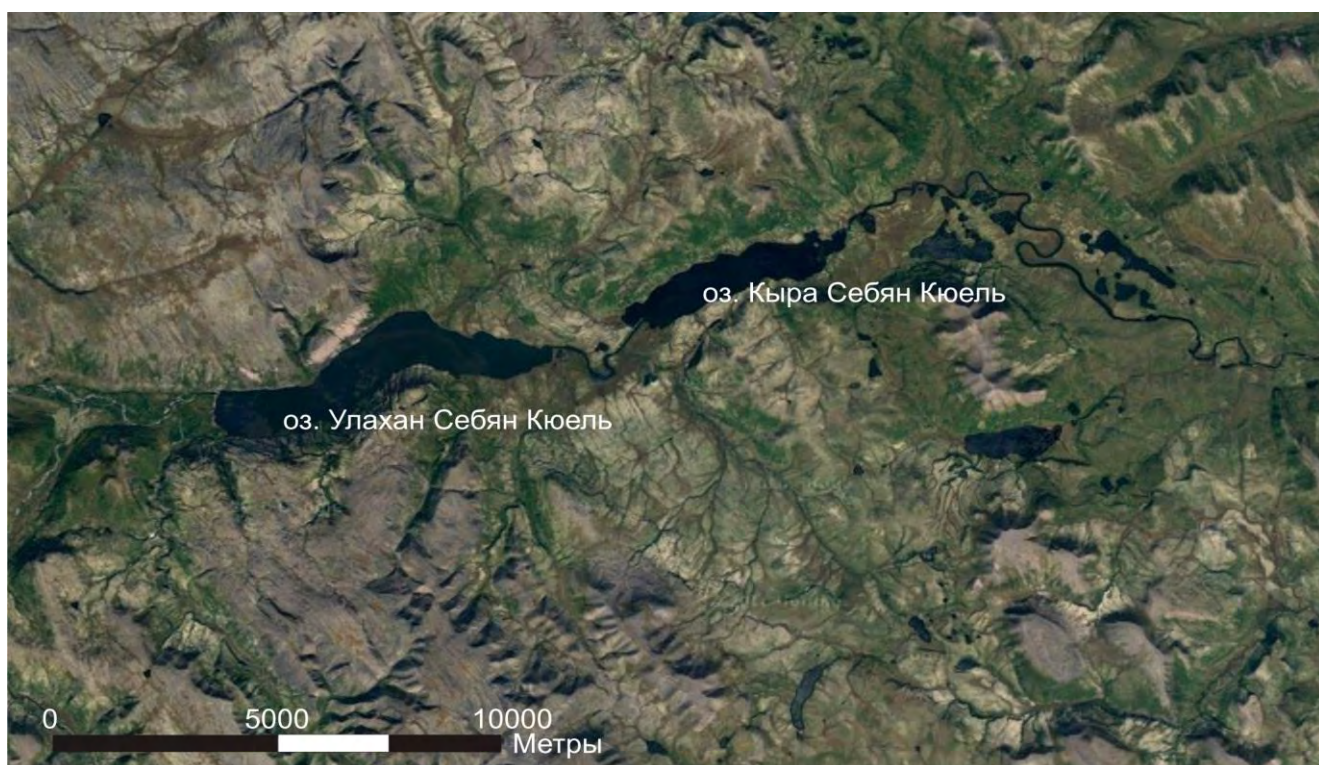


Рис. 2.8 Озеро тектонического происхождения Себян-Кель

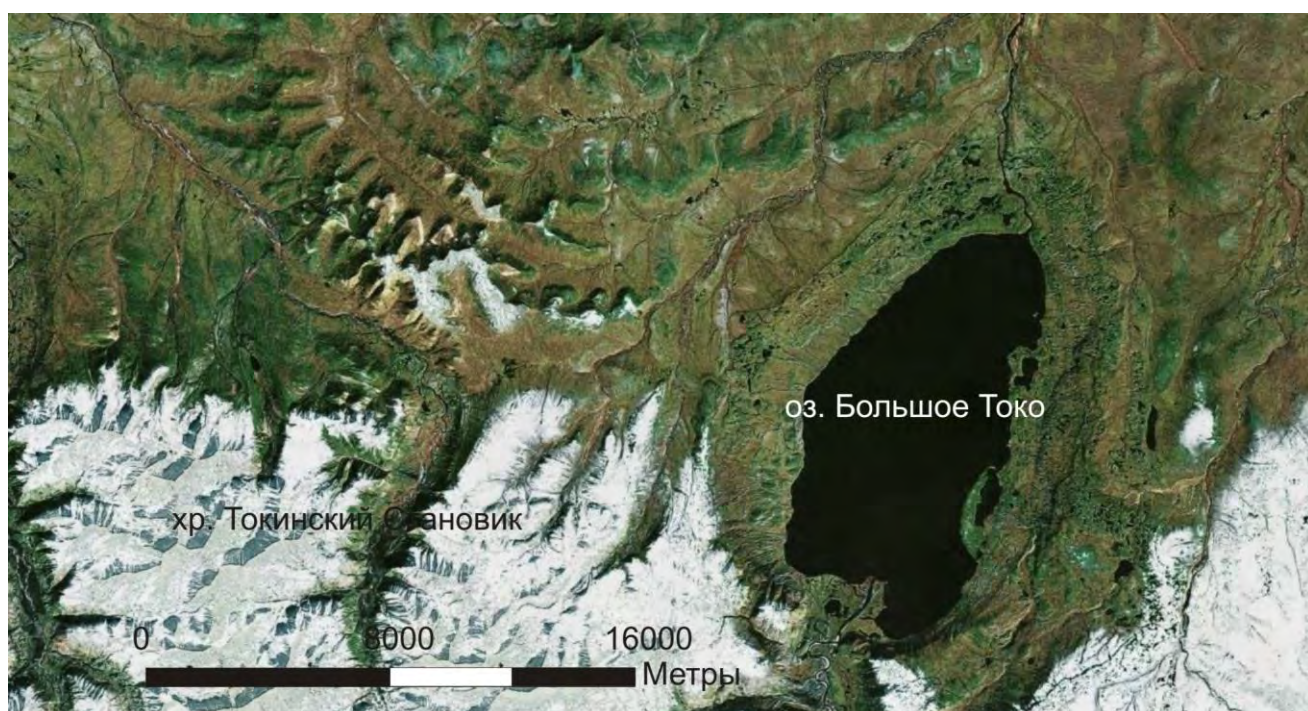


Рис. 2.9 Озеро тектонического происхождения Большое Токо

Распространение Тукулановых (золотых) озер на рассматриваемой территории [145,176]. Тукуланы – это продукт перевевания аллювиальных отложений. Пески, занимающие обширные территории, являются реликтами аллювиального комплекса, который в процессе накопления и после его

формирования подвергся эоловой переработке. В результате полевых исследований, анализа картографического материала и дешифрирования аэрофотоснимков выявлено, что древние и современные эоловые образования сосредоточены в области миграции древних рек – Пралены, Правилюя, Пратюнга и Пралинде [176]. Положение древних русел рек фиксируется бесчисленными озерами-старицами, придающими полупустынным ландшафтам совершенно другой колорит.

Придавая большое значение эоловому осадконакоплению в строении средневысотных террас рек, сторонники второй концепции выделяют погребенные горизонты эоловых образований в аллювиально-эоловых комплексах булкурской (в низовьях р. Лены) и бестяхской (среднее течение р. Лены).

Современные тукуланы преимущественно развиты в четырех обособленных районах: в бассейне р. Хоруонка (левый приток р. Лены), в среднем и нижнем течении р. Линде (левый приток р. Лены) [100], в низовьях р. Тюнг (левый приток Вилюя), по правобережью нижнего течения р. Вилюя (Рис. 2.10) [52] .

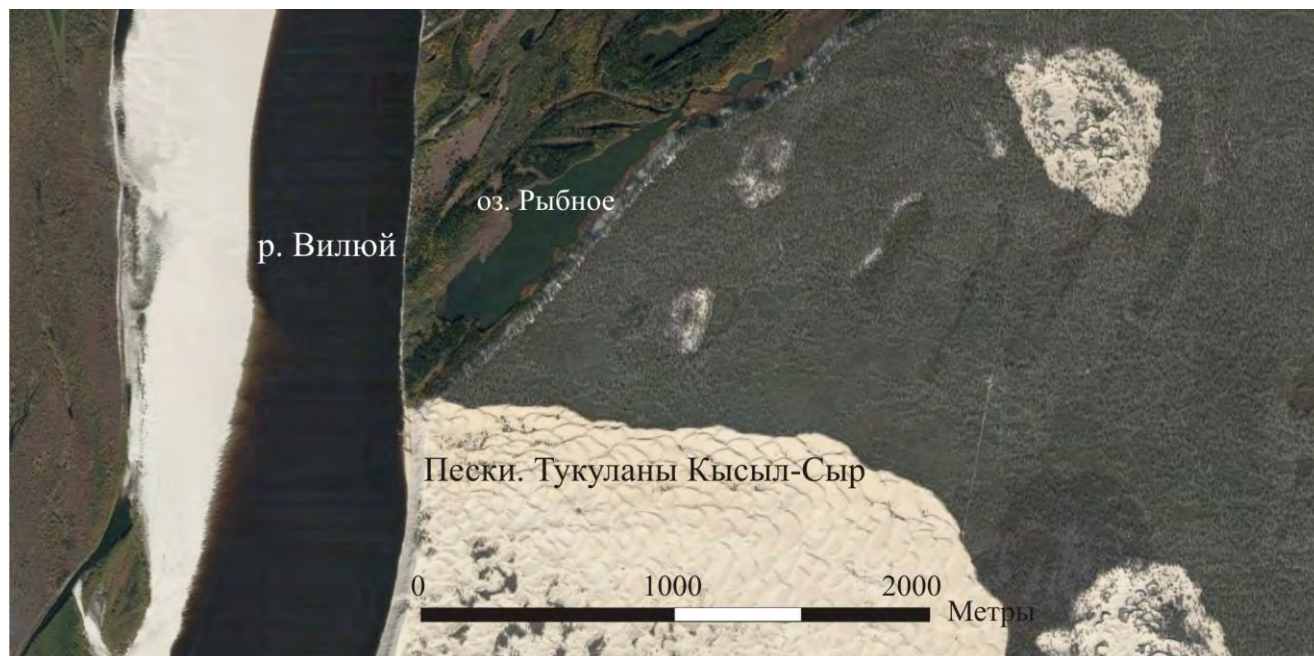


Рис. 2.10 Кысыл-Сырские тукуланы

Озера, расположенные в местах распространения тукуланов, отличаются прозрачностью, небольшой глубиной, удлиненной формой. Однако их

морфометрические данные, формы зеркал озер, весьма схожи с озерами эрозионно-термокарстового и термокарстового происхождения [134].

2.2 Общее описание и районирование озер Якутии.

Озера в пределах рассматриваемой территории распределены весьма неравномерно, основная их масса сосредоточена на ряде обширных приморских низменностей и Центральной Якутии, а также частично на плоскогорьях с затрудненными условиями стока (Витимское плоскогорье). Озера территории разнообразны по происхождению, величине, глубине и очертанию берегов. Характеризуются малой площадью водного зеркала ($<1 \text{ км}^2$) и глубиной (2-5 м, редко 10-15 м); лишь некоторые из них являются большими по площади ($>100 \text{ км}^2$). Наиболее широко распространены в пределах рассматриваемой территории термокарстовые озера. Эти озера большей частью невелики по размерам и имеют округло-овальную форму. Их глубина в среднем равна 2-3 м, и только в отдельных озерах достигает 10-15 м [76,121].

Для более подробного рассмотрения озер Якутии её территория разделена на пять районов (Рис. 2.11) по зональным, природным и климатическим факторам [10,24,82,83,94,168]:

1. Приморскую низменность (Анабарская, Яно-Индибирская, Колымская низменность, дельты р. Лены и р. Оленек);
2. На западную и северо-западную часть (Вилуйское плато, Приленское плато, восточная часть Среднесибирского плоскогорья);
3. На северо-восточную и юго-восточную часть (Верхоянский хр., хр. Черского, хр. Сетте Дабан, Момский хребет, хр. Кулар, Полоусный кряж);
4. На центрально-якутскую равнину (Лено-Вилуйская низменность и Лено-Алданская низменность);
5. На южную и юго-западную часть (Алданское нагорье, Становой хребет, Патомское нагорье).

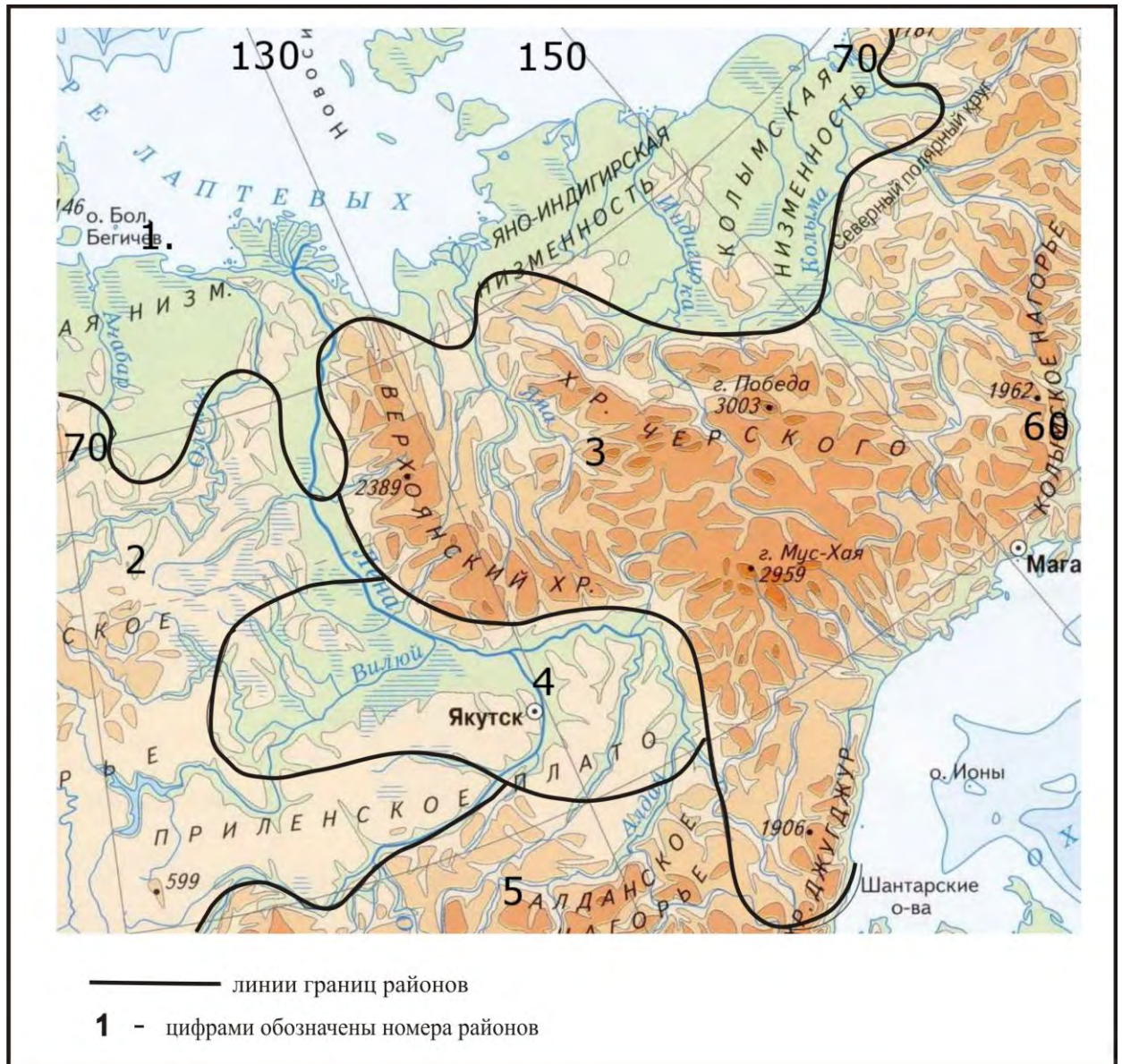


Рис. 2.11 Схематическая карта районирования территории Якутии

Из перечисленных районов наиболее изученными и доступными являются озера, находящиеся на территории центральной части Якутии, остальные районы изучены частично в связи с труднодоступностью.

Район 1. Приморская низменность (Анабарская, Яно-Индибирская и Колымская низменности, дельты р. Лены и р. Оленек). К Приморской низменности относится вся прибрежная часть Якутии. Высота расположения озер над уровнем моря колеблется от 0 до 200 м. Данный район является самым озерным районом, но в связи с труднодоступностью малоизученным. На Колымской низменности, расстояние между озерами в среднем составляет 0,8-1,2

км, при этом практически все озера соединены между собой притоками и образуют озерно-речные системы. Несмотря на огромные площади зеркал, глубина озер незначительна. На приморской низменности расположены самые крупные озера Якутии: Моготоево, Нерпичье, Чукочье, Ожогоино, Сутуруоха и др. [21].

Дельта р. Лены. В дельте Лены находится 58 700 озер (2120 озер на 1000 км²). Общая площадь зеркала озер 3 200 км², озерность – 12% (Рис. 2.11). Наиболее заозерены относительно древние возвышенности в северо-западном сторе дельты (Рис. 2.12). Длинная ось большинства этих озер имеет субмеридиональную ориентировку. Озера Ленской дельты различаются по генетическому признаку: термокарстовые и просадочные, котловинно-аккумулятивные и остаточные водоемы типа стариц [21, 57,60], а с юго-восточной и восточной части встречаются озера термокарстового и ледникового происхождения (оз. Ладаннах, оз. Севастьян, оз. Мелкое).

Термокарстовые озера распространены в дельте повсеместно, а старицы встречаются исключительно на первой террасе. Они вытянуты вдоль берегов островов и являются палеоруслами рек. Такие озера протяжённостью в сотни метров прорезают всю толщу террасы и имеют надводные склоны с высотами до 7 м, в то время как водой заняты нижние части палеорусел. Старицы образуются при перераспределении стока по рукавам дельты во время стояния высокого уровня воды в реке. После формирования старицы она продолжает развиваться по типу термокарстовых озер. Отдельно можно выделить озера, которые развиваются на поверхности мерзлотных полигонов. В центральной части полигона в процессе его образования появляется углубление, заполненное водой. При слиянии полигонов образуются водоёмы, в которых начинается термокарстовый процесс. Однако первичные озера часто спускаются естественным путем по стокам и размывают берега. Если они продолжают существовать в качестве озера, то заметно углубляется в результате протаивания мерзлоты под слоем воды [116, 130,142]. На более высоких отметках от 100 м количество озер заметно сокращается (Рис. 2.12).



Рис. 2.12 Озера различного происхождения дельты р. Лены

На дельте р. Оленек количество озер намного меньше, чем на материковой части. В основном озера расположены вдоль рек. Большинство озер имеют термокарстовое и эрозионно-термокарстовое происхождения (Рис. 2.13).



Рис. 2.13 Расположение озер вдоль реки р. Оленек

Дельта р. Анабар. В отличие от двух предыдущих рек, устье впадения реки имеет эстуарный тип. Озера распространены повсеместно, но большее количество

сконцентрировано вдоль рек. Преобладают озера термокарстового и водно-эрозионного происхождения (Рис. 2.14)

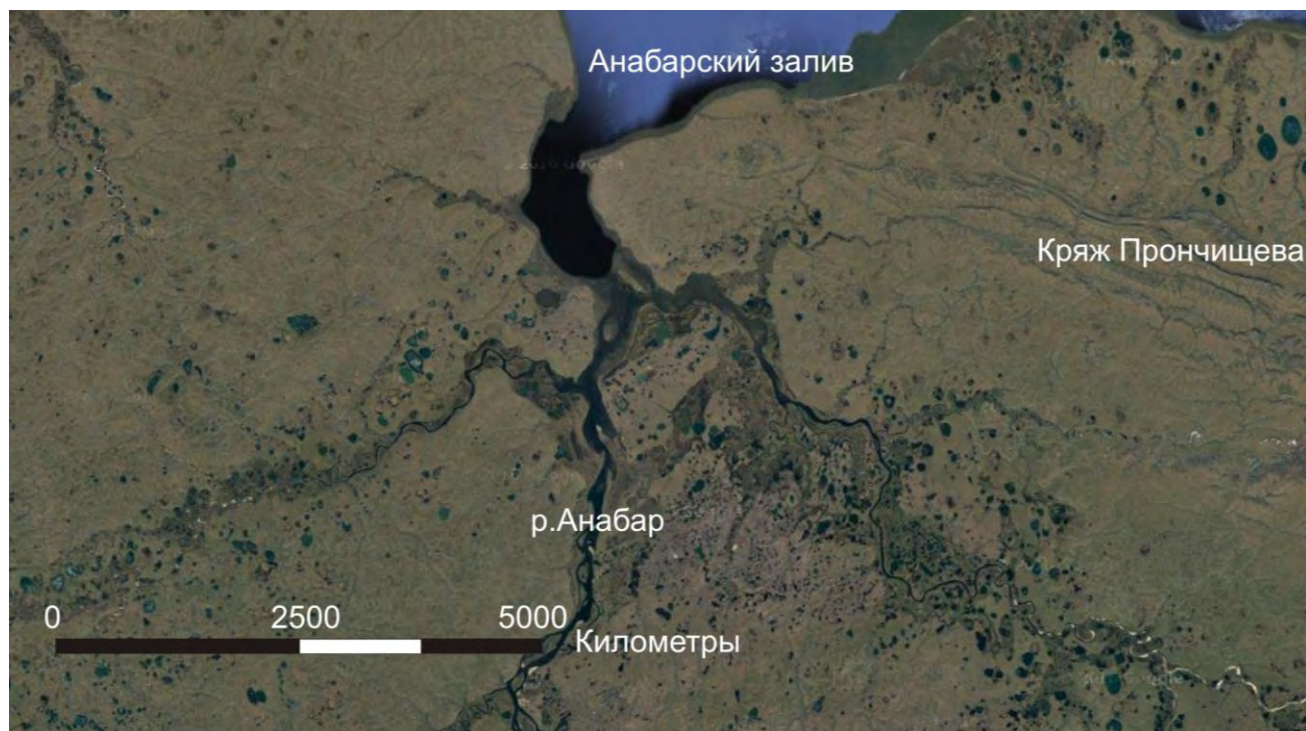


Рис. 2.14 Озера расположенные на устье р. Анабар

Яно-Индигирская низменность. На Яно-Индигирской низменности озера имеют термокарстовое (Рис. 2.15), эрозионно-термокарстовое и частично ледниковое происхождения.



Рис. 2.15 Распространение термокарстовых озер на Яно-Индигирской изменности

Колымская низменность. Колымская низменность является одним из самых неизученных районов Якутии (Рис. 2.15), но именно здесь сконцентрировано наибольшее количество озер. Высота над уровнем моря изменяется от 0 до 26 м. Озера имеют большие площади и соединены по притокам, глубины озер небольшие от 1 до 4 м. На северной части низменности, расположены три больших озера лагунного происхождения (Рис. 2.16): Нерпичье ($A=245\text{км}^2$), Большое Чукочье ($A=151\text{км}^2$) и Малое Чукочье ($A=56,4\text{км}^2$) [116, 131, 158,161].

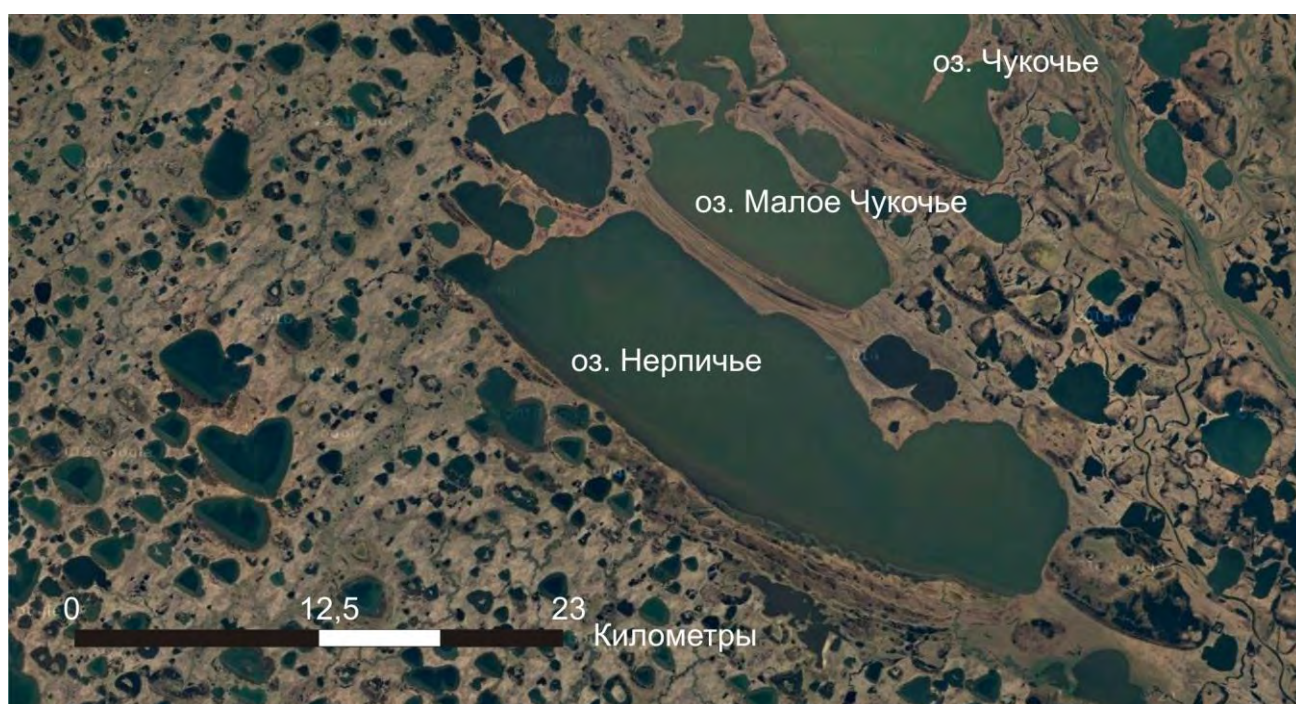


Рис. 2.16 Распространение озер на Колымская низменности

Вся территория находится за полярным кругом, и поэтому характерно незаходящее солнце летом (полярный день) и полярная ночь – зимой. В этих районах термокарст развит в пределах первой надпойменной террасы. Большинство озер проточные или временно проточные. На приморской низменности Якутии сконцентрировано наибольшее количество озер различного происхождения, но в связи с труднодоступностью и суровостью данного района исследования озер проводились слабо [123, 132].

Район 2. Западная и Северо-Западная Якутия (Вилуйское плато, Приленское плато, восточная часть Среднесибирского плоскогорья). Озера в

данном районе встречаются вдоль рек или в понижениях (Рис. 2.17), озер совсем мало и крупные озера встречаются довольно редко. Предположительно большинство озер водно-эрозионного происхождения.



Рис. 2.17 Озера распространены вдоль реки Оленек

Наибольшее скопление озер встречается в нижнеленской озерно-термокарстовой провинции (Рис. 2.18). Здесь распространено много озер различного генезиса, соединенных между собой поверхностным стоком. Предположительно озера имеют эрозионно-термокарстовое происхождение, но сильно подверглись эоловому наступлению. Озера данной местности не изучены и не исследованы [100, 137].



Рис. 2.18 Озера левобережья р. Лены

Озер в этом районе немного, в основном озера сконцентрированы вдоль реки Лена (Рис. 2.19). Преобладают озера эрозионно-термокарстового происхождения, но западнее от р. Лены преобладают озера термокарстового происхождения.



Рис. 2.19 Распространение озер вдоль реки Лены

Район 3. Северо-Восточная и Юго-Восточная часть (Верхоянский хр., хр. Черского, хр. Сетте Дабан, Момский хребет, хр. Кулар, Полоусный кряж). В этом районе встречаются озера всех перечисленных выше генезисов, кроме карстового и лагунного происхождения. Довольно слабоизучены, исследования проводились в озерах Лабынкыр (Рис. 2.20) и Большое Токо. Поэтому дополнительно в работе использовались морфометрические параметры озер сопредельных районов (Читинской, Амурской областей и республики Бурятии), водосборный бассейн которых частично охватывает территорию Якутии.



Рис. 2.20 Озеро тектонического происхождения Лабынкыр

В горных частях распространены озера ледникового происхождения (Рис. 2.21), но в низменностях, вдоль рек, встречаются озера термокарстового происхождения, а вдоль рек – водно-эрозионного.



Рис. 2.21 Распространение ледниковых озер в горах Верхоянского хребта

Район 4. Центральная Якутия. Район Центральной Якутии представляет собой денудационно-аккумулятивную равнину с абсолютными отметками 100-400 м, абсолютные высоты рельефа постепенно уменьшаются в направлении к месту слияния Алдана с Леной, где район делится на две части: на Лено-Вилуйскую на Лено-Алданскую низменности.

Начало формирования низменности относится к мезозою, и озера и их водосборы, расположенные в этом районе, подверглись воздействию процессов криогенного выветривания и криолитогенеза. Поэтому своеобразные закономерности происхождения и развития озерных комплексов, установленные для Центральной Якутии, являются в той или иной степени достоверными для всей территории криолитозоны [86].

Лено-Вилуйская низменность отличается весьма своеобразными азональными природными массивами переваемых в дюны песков, широко распространенных в бассейне нижнего течения Вилуя, в бассейне Средней Лены, которые называют тукуланами. Большое количество озер расположено в межрядовых понижениях, в котловинах выдувания и в котловинах навевания тукуланов. Донные отложения – тонкодетритовые сапропели мощностью 4,5-5,5

м, с зольностью 25-40%, залегающие на кремнеземистых сапропелях или на опесчаненных илах [121,146].

Помимо термокарстовых озер на Лено-Вилюйской низменности встречаются тукулановые озера. Эти озера могут быть различного генезиса, но переработанные тукулановыми песками. Их морфометрические характеристики из-за этого значительно изменяются. На местности р. Махатта (Рис. 2.22), левый берег р. Вилюй, все озера подвержены эоловому воздействию.



Рис. 2.22 Озера на тукуланах р.Махатта

В западной переклинали Вилюйской синеклизы находится ослабленная глубинными разломами мобильная зона, являющаяся местом классического проявления соляной тектоники, представленной соляными дислокациями, антиклиналями и куполами. В сводах открытых соляных куполов расположены многочисленные озера соляного карста, образовавшиеся в результате энергичного размыва соляных тел и просадок [73]. Весьма своеобразную группу водоемов представляют собой трапповые озера, генетически связанные с бронирующими трапповыми покровами западной части региона, но переработанные термокарстом. Котловины озер находятся на поверхности крупных, вскрытых

денудацией пластовых интрузий траппов Верхнего Вилюя. Склоны котловин нередко заняты обломками траппов [74,75].

На долине Лено-Алданского междуречья сконцентрированы небольшие озера (Рис. 2.23), в основном бессточные и термокарстового происхождения [12].

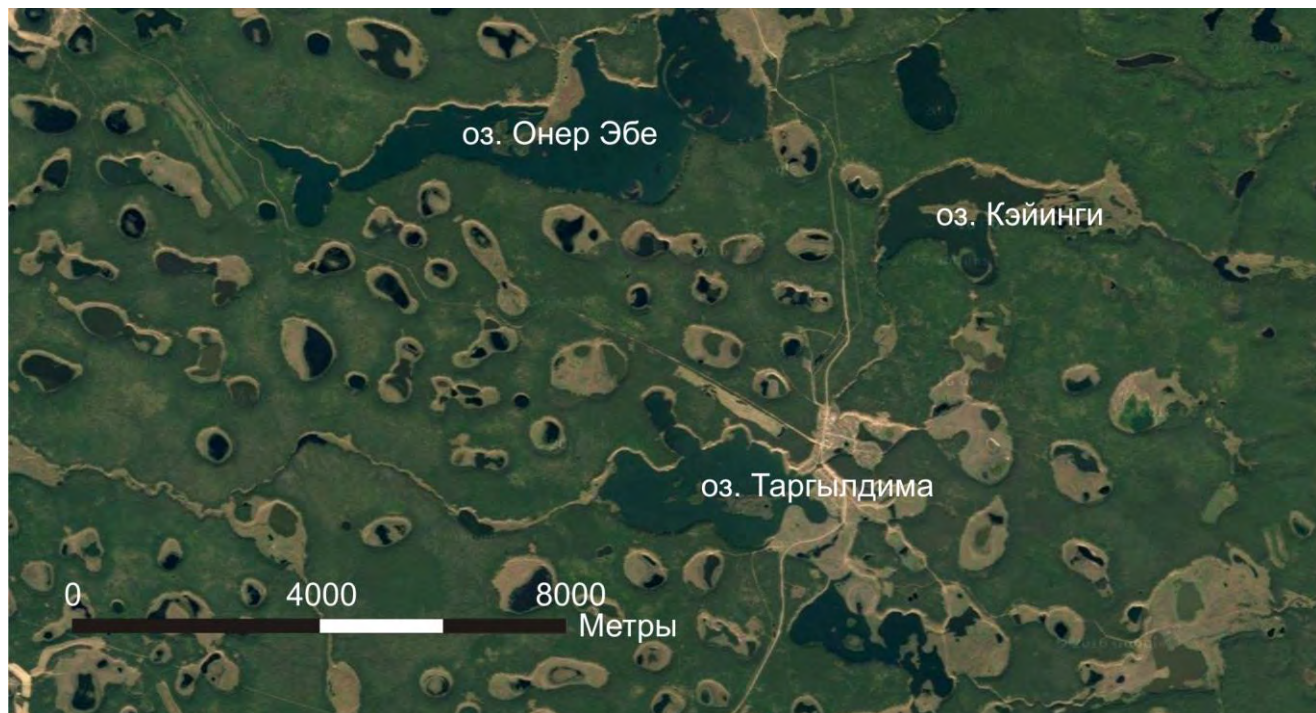


Рис. 2.23 Озера термокарстового происхождения на Лено-Алданском междуречье

5 район. Южная и Юго-Западная Якутия. Район Южной Якутии охватывает горную часть территории, сюда относятся горные системы хребтов. Сюда отнесены некоторые озерные бассейны Витимского плоскогорья, которые возникали и развивались в условиях дифференцированных тектонических движений, образуя цепочки водоемов, связанных между собой протоками или небольшими речками. Олекмо-Витимское нагорье сформировалось к началу оледенения и имеет целую систему озерных бассейнов. Наиболее значимая группа олигтрофных водоемов включает Большое и Малое Леприндо, Леприндокан и Довочан, расположенные на водоразделе рек Куанды и Чары [85,133].

Генезисы озерных котловин довольно разнообразны, однако большинство котловин имеют ледниковое и смешанное (тектоническо-ледниковое) происхождение. Котловины долинных озер чаще всего вытянуты по продольной оси долин [13,115]. Как правило, литоральная зона простирается не далее

нескольких метров и наиболее выражена лишь в истоках вытекающих рек. Термокарстовые озера в этом районе встречаются там, где есть многолетнемерзлые породы.

На озере Большое Токо были проведены морфометрические исследования, и по их данным максимальная глубина составляет 82 м. В настоящее время это самое глубокое батиметрически исследованное озеро. На юге и на юго-западе озера распространены вдоль больших и малых рек. Преобладают озера водно-эрозионного происхождения, а в местах, где есть мерзлота, встречаются озера термокарстового происхождения, но их количество ограничено.

Озера Леприндо, Леприндокан и Давачан (Рис. 2.24) находятся в юго-западной оконечности Чарской тектонической впадины, а вершины гор поднимаются над долиной с 1500 до 1800 м. Дно долины изрыто ледниками, оставившими после себя холмы и гряды морен, между которыми рассеяна масса небольших бессточных озер.



Рис. 2.24 Озера тектонического происхождения Леприндо, Леприндокан, малое Леприндо и Орон.

Несколько иными свойствами обладает оз. Орон, входящее также в группу озер байкальской рифтовой зоны [13, 133]. Все исследованные озера – сточные, и практически все имеют оформленный открытый сток, в период низководья в

некоторых моренных и каровых озерах сток становится частично закрытым. Характер стока обусловлен ледниковым происхождением большинства озер – типично наличие моренных плотин разной мощности. По водной флоре и фауне перечисленные озера мало чем отличаются друг от друга, а возникновение их было связано с ледниковым периодом. Все вытекающие реки имеют параметры типичных горных водотоков со значительными скоростями течения, порогами и перекатами, осенью и зимой характерны наледные явления.

2.3 Морфометрические параметры изучаемых озер

Морфометрия озер отражает, с одной стороны, специфику развития котловины, с другой – процессы, протекающие в водной массе озера [1, 122,125,126,133]. К числу основных морфометрических характеристик озера относятся: площадь зеркала озера, длина и изрезанность береговой линии, глубина, объем водной массы и форма озерной котловины. Для определения морфометрических характеристик озера требуется батиметрическая карта, составленная на основании топографической съёмки и промеров глубин.

Площадь водной поверхности (зеркала) – $A_{оз}$ зависит от уровня воды в озере. Различают площадь зеркала озера с островами и без островов. В настоящее время площадь зеркала и площадь водосбора можно определить привязав крупномасштабные карты к программам Panorama, ArcGIS или пользуясь общедоступной программой – 3Planet.

Средняя глубина водоёма – важнейший морфометрический показатель, без которого невозможно корректно оценить водные ресурсы озер, рассчитать их водный и слоевой баланс. Знание средней глубины необходимо для оценки биологических ресурсов водоёмов, их антропогенной нагрузки и т.д. [124].

$$h_{cp} = V/A_{оз} \quad (2.1)$$

где h_{cp} – средняя глубина водоёма, $A_{оз}$ – площадь зеркала озера, $V_{оз}$ – объем воды в озере.

Озера в пределах рассматриваемой территории распределены весьма неравномерно. Основная их масса сосредоточена на ряде обширных низменностях Центральной Якутии и Севера, а также частично на плоскогорьях с затрудненными условиями стока (Витимское плоскогорье). Озера территории разнообразны по происхождению, величине, глубине и очертанию берегов. Наиболее широко распространены на рассматриваемой территории озера термокарстового происхождения. Эти озера большей частью невелики по размерам и имеют округло-овальную форму. Их глубины равны 1-3 м и только в отдельных озерах достигают 10-15 м (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 Средние значения озер по показателям средней и максимальной глубины, площади зеркала, объема и водосбора (по данным морфометрически исследованных озер)

Котловина	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м	Площадь зеркала озера, км ²	V, км ³	Площадь водосбора, км ²	Значение удельного водосбора
Термокарстовые	1,4	2,8	0,8	0,001	1,2	7,1
Эрозионно-терм.	1,9	4	3	0,011	35,5	21
Водно-эрозионные	1,1	2,6	0,28	0,0004	4,38	18,8
Тектонические	34,2	85,7	36,3	1,64	527	10,7
Ледниковые	4,3	9	35,5	0,15	1307	25
Тукулановые	1	1,14	2,2	0,002	18,1	7

Самые глубокие озера – это озера тектонического происхождения, а самые мелкие – водно-эрозионного происхождения. Озера ледникового происхождения имеют наибольшую площадь водосбора, а самую наименьшую площадь водосбора имеют озера термокарстового происхождения. Далее, эти же озера были разделены по размерам площадей зеркал, по средней и максимальной глубинам. По классификации П.В. Иванова [81], в основе которой лежат величины площадей водной поверхности, более 80 % исследованных озер относятся к группе очень малых озер (Таблица 2.2).

Таблица 2.2 Распределение озер по величине площади зеркала

Площадь зеркала км ²	Термокарстовые	Эрозионно- термокарстовые	Водно-эрозионные	Тектонические	Ледниковые
> 1 очень малые	201	70	66	-	2
1 - 10 малые	26	21	3	3	3
10,1 - 100	4	3	-	5	10
100,1 - 1000	-	1	-	-	2

С.П. Китаева [105] разделил озера по средней и максимальной глубине. По этим критериям большинство батиметрически исследованных озер Якутии, относятся к очень малым озерам: по средней глубине (Таблица 2.3) – 86%, по максимальной (Таблица 2.4) – 55%.

Таблица 2.3 Распределение озер по средней глубине

Средняя глубина в м.	Термокарстовые	Эрозионно- термокарстовые	Водно- эрозионные	Тектонические	Ледниковые
>2 очень малые	226	62	66	-	2
2-4 малые	3	23	3	-	11
4-8 средние	2	10	-	-	2
8-16 большие	-	-	-	8	2

Таблица 2.4 Распределение озер по максимальной глубине

Средняя глубина в м.	Термокарстовые	Эрозионно- термокарстовые	Водно- эрозионные	Тектонические	Ледниковые
с очень малой >3,12	183	-	57	-	2
с малой 3,12-6,25	36	11	12	-	8
со средней 6,25-12,5	9	58	-	-	2
с повышенной 12,5-25	4	-	-	-	3
с большой 25-50	-	-	-	2	1
с очень большой < 50	-	-	-	6	

Таким образом, распределение озер по морфометрическим параметрам показывает, что озера тектонического происхождения имеют наибольший размер, но эти озера мало изучены и распространены только в горной части. Остальные типы озер не сильно отличаются по морфометрическим показателям, но озера водно-эрозионного происхождения имеют самую наименьшую глубину.

2.4 Пространственные особенности строения озерных котловин по генезису

Исследовать все озера, которые расположены на территории Якутии практически невозможно (99,3% озер не исследованы). Для количественного описания особенностей строения озерных котловин используются их морфометрические характеристики (показатели). Например, существуют определенные зависимости между глубиной (или уровнем) озера, площадью его зеркала и объемом воды. Для этих целей нужны измеренные характеристики, а их количество недостаточно. Площади зеркал озер наиболее целесообразно определять, пользуясь программами Panorama, ArcGIS, MapInfo и 3 Planet. Далее, были построены следующие зависимости [163, 222,223] площади от объема по происхождениям (Рис. 2.25-2.29) и получены формулы определения объема воды для неизученных озер (Таблица 2.5).

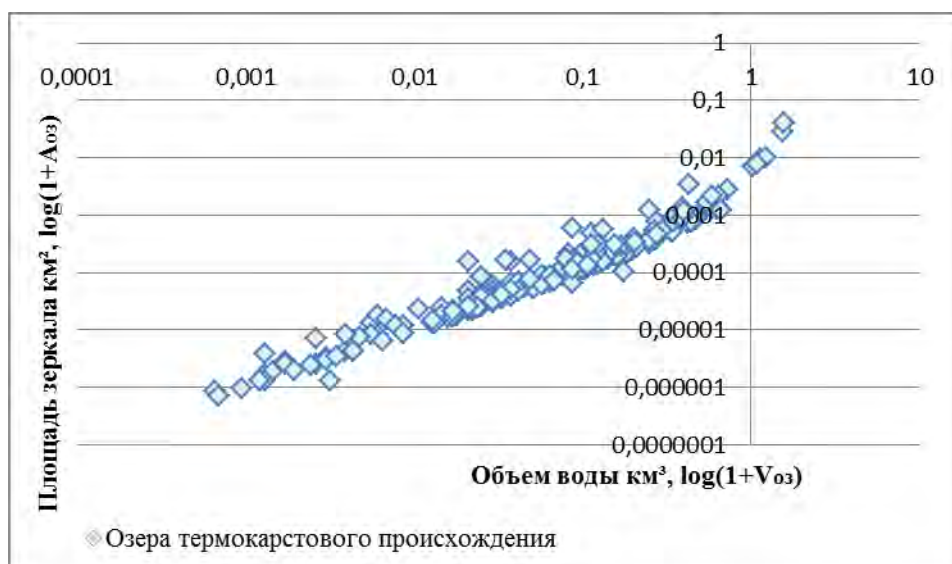


Рис. 2.25 Зависимость объема от площади озер термокарстового происхождения
 $(V_{оз}=0,0024A_{оз}^{1,14}, R^2=0,94)$

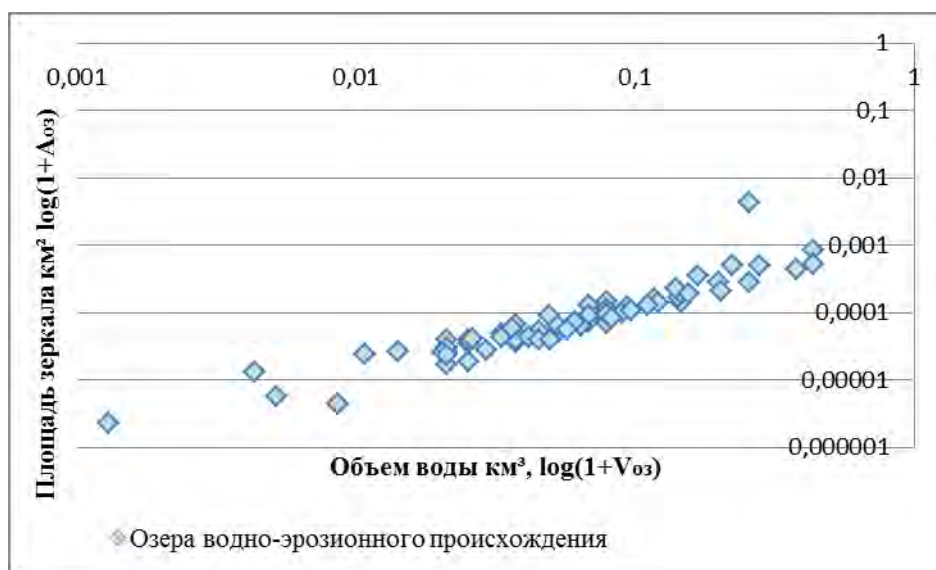


Рис. 2.26 Зависимость объёма от площади озер водно-эрозионного происхождения
 $(V_{оз}=0,0012A_{оз}^{1,06}, R^2=0,88)$

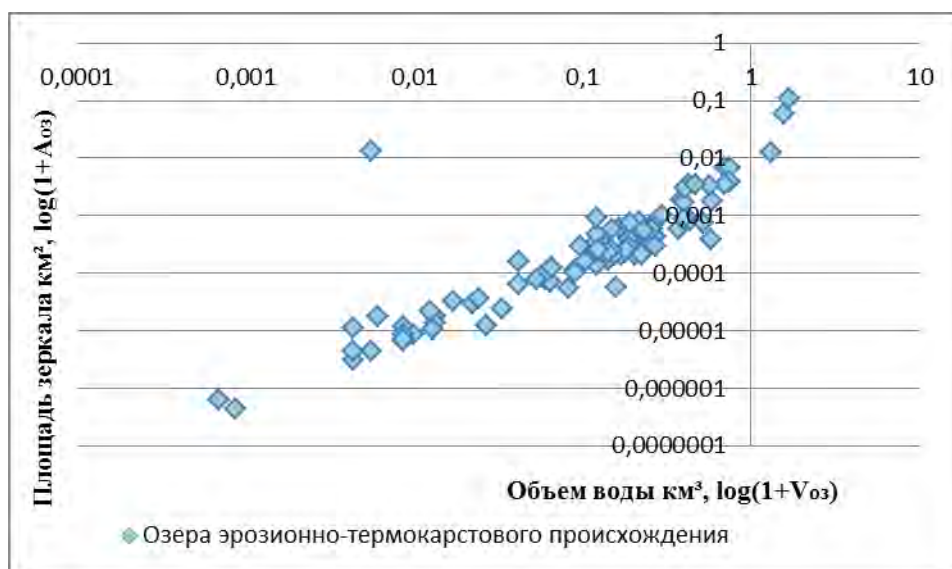


Рис. 2.27 Зависимость объёма от площади эрозионно-термокарстовых озёр
 $(V_{оз}=0,0036A_{оз}^{1,2}, R^2=0,78)$



Рис. 2.28 Зависимость объёма от площади озёр ледникового происхождения
 $(V_{оз}=0,018A_{оз}^{2,4}, R^2=0,84)$

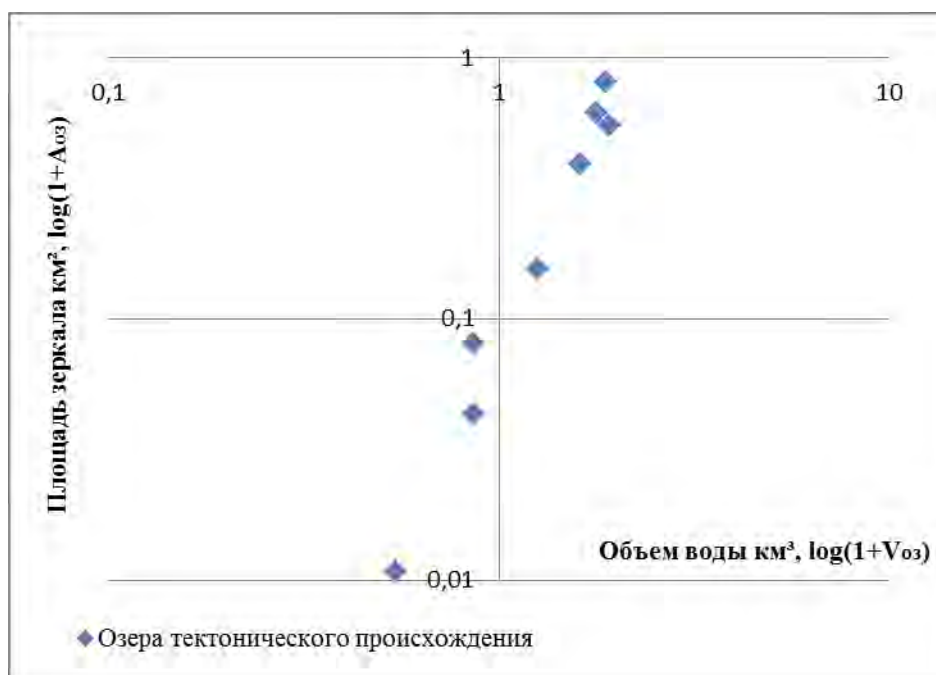


Рис. 2.29 Зависимость объёма от площади озера тектонического происхождения

$$(V_{оз}=0,085A_{оз}^{3,2}, R^2=0,97)$$

Таблица 2.5 Формулы определения объемов воды в озерах

Типы котловин	Формулы для определения объёма воды
Термокарстовые	$V_{оз}=0,0024A_{оз}^{1,14}$
Водно-эрозионные	$V_{оз}=0,0012A_{оз}^{1,06}$
Эрозионно-термокарстовые	$V_{оз}=0,0036A_{оз}^{1,2}$
Ледниковые	$V_{оз}=0,018A_{оз}^{2,4}$
Тектонические	$V_{оз}=0,085A_{оз}^{3,2}$

Водосборы озера, играют большую роль в жизни озера, и их величина является основным показателем проточности [62,180,189]. В данной работе преобладающее количество водосборов вычислены автором с помощью программ и крупномасштабных топографических карт. Сложности возникли с определением водосборов озера, расположенных на приморской низменности, в связи с отсутствием чётких границ и крупномасштабных карт. Наиболее тесная связь между площадью зеркала и площадью водосбора существует для

термокарстовых озер, а самая низкая связь наблюдается для тектонических озер (Рис. 2.30-2.34).

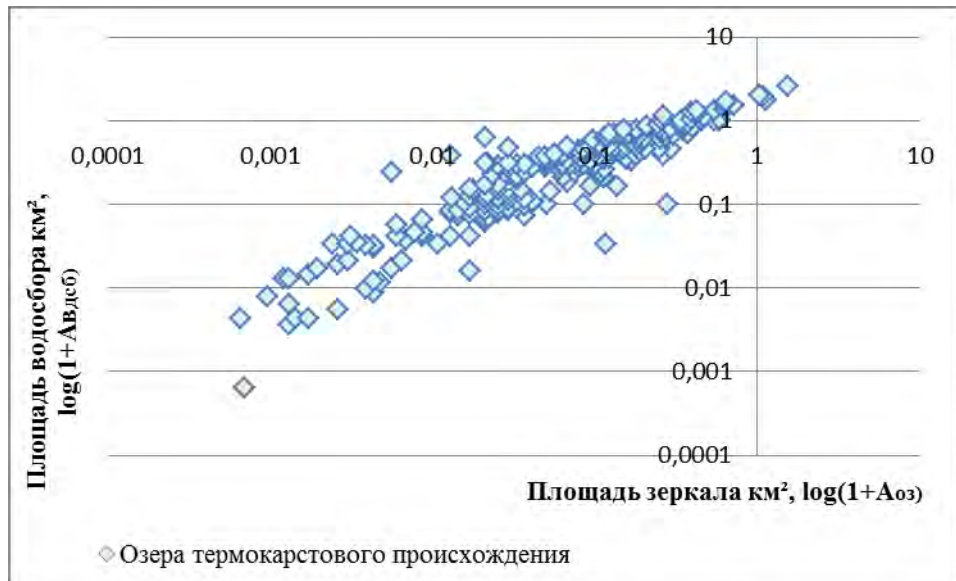


Рис. 2.30 Зависимость площади от водосбора термокарстовых озер
($S_{\text{вдсб}}=2,24A_{\text{оз}}^{0,8}$, $R^2=0,85$)

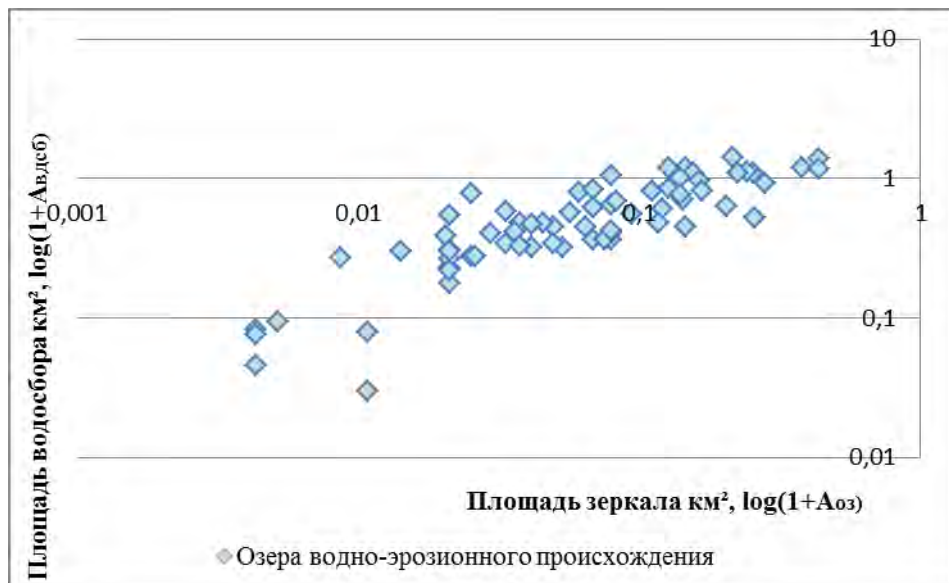


Рис. 2.31 Зависимость площади зеркала от водосбора водно-эрозионных озер
($S_{\text{вдсб}}=2,6A_{\text{оз}}^{0,62}$, $R^2=0,73$)

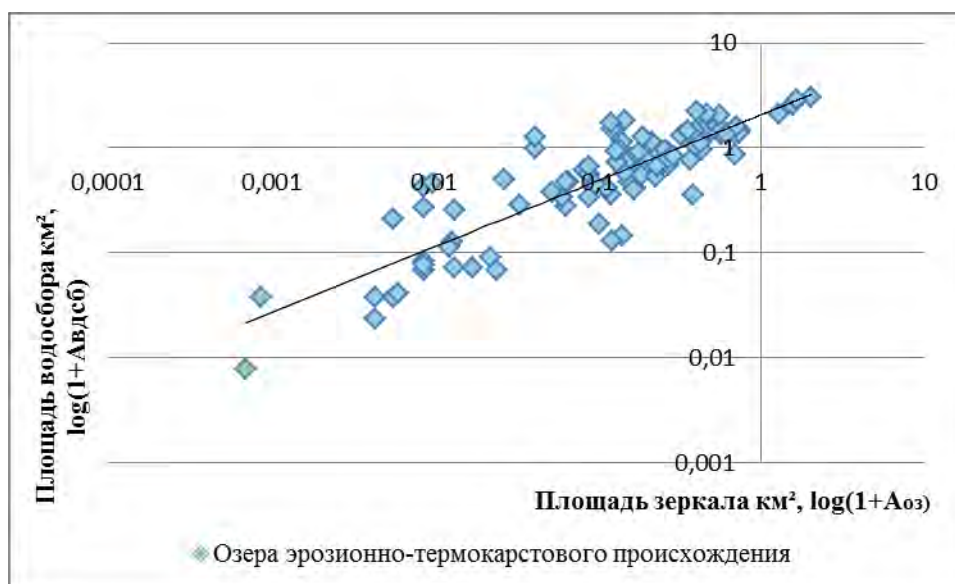


Рис. 2.32 Зависимость площади зеркала от водосбора эрозионно-термокарстовых озер

$$(S_{\text{вдсб}}=2,05A_{\text{оз}}^{0,63}, R^2=0,75)$$

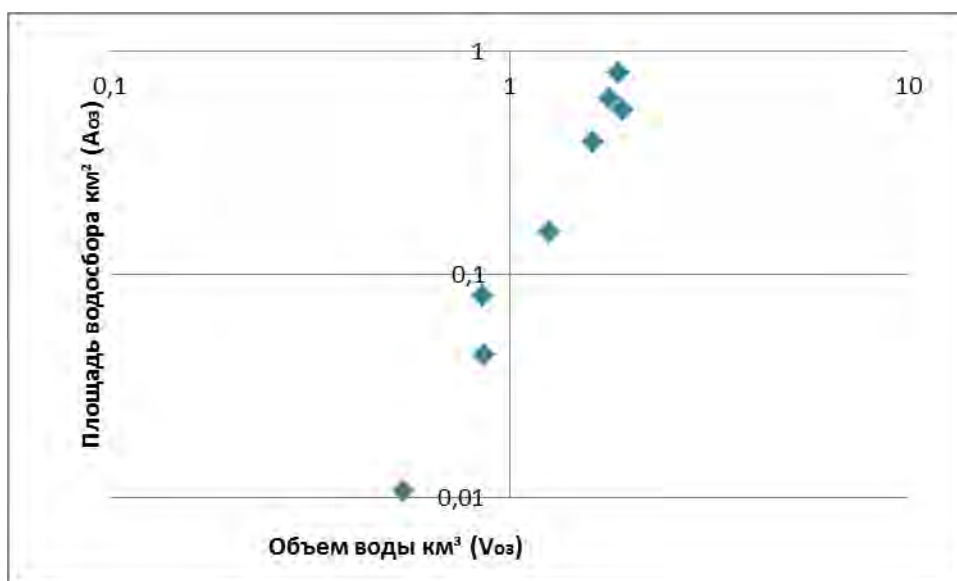


Рис. 2.33 Зависимость площади зеркала от водосбора озер ледникового происхождения

$$(S_{\text{вдсб}}=2,31A_{\text{оз}}^{0,31}, R^2=0,61)$$

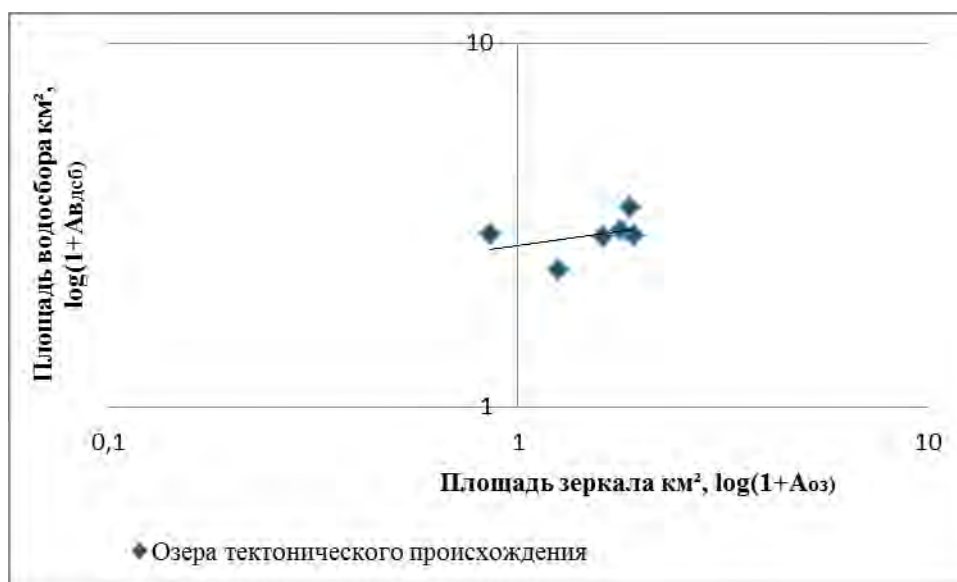


Рис. 2.34 Зависимость площади зеркала от водосбора озер тектонического происхождения

$$(S_{\text{водсб}}=2,77A_{\text{оз}}^{0,158}, R^2=0,15)$$

Величина удельного водосбора ($K_{\text{уд}}$) – очень важная характеристика, которая определяет многие черты гидрологического режима озер и водохранилищ. На восточной и южной частях, площади бассейнов озер в десятки раз превосходят площади их водного зеркала. Для озер, особенно в тундровой зоне, величины удельных водосборов значительно больше, чем в центральной части Якутии (приложения) [62].

Таблица 2.6 Формулы определения водосборных бассейнов озер

Типы котловин	Формулы для определения площади водосбора
Термокарстовые	$S_{\text{водсб}}=2,24A_{\text{оз}}^{0,8}$
Водно-эрозионные	$S_{\text{водсб}}=2,6A_{\text{оз}}^{0,62}$
Эрозионно-термокарстовые	$S_{\text{водсб}}=2,05A_{\text{оз}}^{0,63}$
Ледниковые	$S_{\text{водсб}}=2,31A_{\text{оз}}^{0,31}$
Тектонические	$S_{\text{водсб}}=2,77A_{\text{оз}}^{0,158}$

Таким образом, на территории Якутии имеется достаточно тесная взаимосвязь между озерами термокарстового, водно-эрозионного, эрозионно-термокарстового и тектонического происхождения. Полученные уравнения

зависимости объема V и площади $A_{оз}$ позволяют нам косвенным путем определить объемы воды в озерах разных типов. Формулы определения объема воды (Таблица 2.5) позволяют определить примерный объем воды неизученных разнотипных озер Якутии, а формулами определения водосборных бассейнов (Таблица 2.6) можно воспользоваться, если отсутствуют крупномасштабные карты. Ранее методы определения объемов воды для неизученных озер были предложены П.В. Ивановым [81], С.П. Китаевым [105], Ю.А. Сало [164], но эти формулы подходят для других регионов и их эмпирические коэффициенты не подходят для озер Якутии. На основе предложенного метода можно приблизительно выявить запас воды в Якутии. В связи с недостаточностью морфометрических данных озер, на других типах котловин такой анализ проведен не был. При отсутствии крупномасштабных карт водосборные площади можно определить с помощью вышеприведенных формул.

ГЛАВА 3. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНОГО БАЛАНСА ОЗЕР И ОЦЕНКА ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ

3.1 Определение составляющих водного баланса и способы их расчетов

Оценка интенсивности внешнего водообмена озер теснейшим образом связана с их водным балансом. Однако при определении водообмена большую роль играют не только правильно подобранные и правильно рассчитанные элементы баланса, но и сама его структура. Например, необходимо знать, как велика доля притока воды по рекам в приходной части баланса, и какова доля стока – в расходной части. При этом очень часто возникает необходимость определения баланса при отсутствии наблюдений. Поэтому исследование уравнения водного баланса и умение рассчитать его элементы, представляется задачей чрезвычайно актуальной, тем более что в Якутии этот вопрос остаётся слабо изученным.

Водный баланс, определяемый процессами прихода и расхода воды, формирующейся разными источниками, представляет собой частный случай фундаментального закона естествознания – закона сохранения материи (массы). Баланс также является главнейшей характеристикой гидрометеорологического режима водоёмов. На основе водного баланса помимо рассмотрения водообмена изучаются физические и химические процессы, происходящие в водоёмах. Одновременно баланс позволяет оценить эффект хозяйственных мероприятий, связанных с использованием водных ресурсов, и увидеть совокупное воздействие всех факторов, которые влияют на изменение запасов воды в озере. Водный баланс также необходим при определении стока из озера при отсутствии сведений и наблюдений. При этом результирующим элементом является уровень воды, фиксирующий водные ресурсы водоёма [30].

Основываясь на работах А.М. Догановского [65-69], З.А. Викулиной [28,29], В.И. Корзуна [119], Г.Х. Исмайылова [84], Ю.В. Голомаха [59]. И.В. Космакова

[108], теоритическим путем определены составляющие водного баланса озер Якутии.

Математическим выражением водного баланса является уравнение водного баланса. Количество учитываемых составляющих уравнения – структура баланса – определяется типом водоёма, строением озерной системы и учитываемым в балансе периодом времени. В общем виде уравнение для многолетнего периода, представленного в объёмных единицах, имеет вид:

$$V_{\text{пр}} + V_{\text{ос}} - V_{\text{ст}} - V_{\text{исп}} = \pm V_{\text{акк}} \quad (3.1)$$

где: $V_{\text{пр}}$ – среднегодовой приток воды по рекам, км³;

$V_{\text{ос}}$ – среднегодовые атмосферные осадки на водную поверхность, км³;

$V_{\text{ст}}$ – среднегодовой сток воды из озера по реке, км³;

$V_{\text{исп}}$ – среднегодовое испарение с поверхности водоема, км³;

$V_{\text{акк}}$ – среднегодовая аккумуляция воды в озерной котловине (накопление или расходование), км³.

Элементы уравнения можно также представить в мм слоя:

$$\frac{V_{\text{пр}}}{A_o(H)} + P - \frac{V_{\text{ст}}}{A_o(H)} - E = \pm \Delta H \quad (3.2)$$

где: $A_o(H)$ – площадь водной поверхности озера, км²;

H – уровень воды в озере, мм;

P – атмосферные осадки на озеро, мм;

E – испарение с поверхности озера, мм;

ΔH – приращение уровня, мм.

Для бессточных озер, которых на территории Якутии много, в уравнении (3.2) отсутствует элемент $V_{\text{ст}}$. Очень часто при увеличении числа лет, за которые составляется баланс, сумма приходных составляющих равна сумме расходных и ΔV (ΔH) оказывается равными 0. Такой баланс называется равновесным, уровень воды в озере в этом случае есть уровень равновесия, и уравнение (3.3) принимает вид:

$$V_{\text{пр}} - V_{\text{ст}} = \frac{E - P}{10^6} A_o(H_o) \quad (3.3)$$

где: $(E - P)$ – видимое испарение, H_0 – уровень равновесия.

Говоря об уровне равновесия, необходимо иметь в виду, что речь идёт о современном состоянии уровня увлажнённости территории Якутии. Очевидно, что он на разных отметках временного ряда он не будет одинаковым, как и соответствующая ему величина A_0 [66].

Уравнение водного баланса (3.1) представлено наиболее значимыми элементами, которые, как правило, встречаются ежегодно при подсчете их за многолетний период. Тем не менее, есть элементы, которые становятся значимыми при расчёте баланса за более короткие интервалы времени. Например, в холодную часть года – запасы воды, перешедшие в лёд, осенью – конденсация, наледный сток и др. Часто заметную роль в водном балансе некоторых водоёмов играют приток и сток воды подземным путём. В последние годы возрастает антропогенное влияние на водный баланс озёр, связанное чаще всего с заборами и сбросами воды. Все перечисленные элементы баланса, прежде всего, связаны с климатом (осадки, увлажнение, температура и т.п.), однако важную роль при формировании элементов водного баланса играют и особенности строения озерных систем. Имеются в виду их размеры, величины удельных водосборов, формы котловин и русел вытекающих рек [118].

3.2 Методика расчета составляющих водного баланса

Исходными материалами для расчетов элементов водного баланса речных бассейнов за многолетний период являются наблюдения сети станций и стоков. Определение большинства составляющих баланса не представляет труда, если имеются данные наблюдений за речным стоком, атмосферными осадками, температурой и т.п. Однако такие наблюдения в Якутии крайне ограничены. Особенно это касается водоёмов, расположенных в малонаселённых районах республики. Например, нет стационарных пунктов наблюдений за речным стоком, отсутствуют постоянные уровенные посты на озерах, редка сеть метеостанций. Специальные наблюдения на водоёмах весьма отрывочны и связаны лишь с

экспедиционными исследованиями. Поэтому при решении уравнения водного баланса в основном приходится пользоваться косвенными методами определения его составляющих, что, безусловно, снижает точность расчётов [89]. Для решения задачи, поставленной в диссертации, требуется расчёт баланса за многолетний период. При этом [136] рассматривается равновесный баланс, т.е. в уравнении (3.3) составляющая: $\Delta V_{\text{акк}} = 0$.

Определить объем воды озер и водосборов можно, используя вышеприведённые формулы (Таблицы 2.5 и 2.6) и крупномасштабные карты от 1:10000 и больше, а также с помощью различных программ: таких как Panorama, MapInfo и ArcGIS.

3.2.1 Приток воды по рекам и сток

Там, где имеются наблюдения за стоком на водосборах озер, задача сводится к суммированию расходов воды на основе этих наблюдений ($A_{\text{ос}}$). При этом специфика гидрологического режима рек Якутии такова, что сток рек распределён в течение года крайне неравномерно. Многие реки замерзают в холодное время года, и сток формируется только в тёплое время в период прохождения весенне-летнего половодья. Поэтому наряду с площадями, на которых ведутся наблюдения, в состав озерных водосборов входят неисследованные территории, и суммарный приток в озеро складывается из стока воды с площадей $A_{\text{ос}}$ и $A_{\text{ню}}$. Анализ исходного материала показал, что большинство озерных водосборов Якутии, особенно на приморской низменности, исследованы частично. Поэтому определение притока воды в озеро полностью следует производить косвенными способами. В настоящее время такие способы разработаны и приведены в соответствующих инструкциях и книгах [89].

Не останавливаясь подробно на этих способах, следует отметить, что величина притока с неизученной площади может быть определена по средневзвешенному величине модуля стока с учётом значения площадей водосборов аналогов (изученных рек), по среднеарифметическому модулю стока

рек-аналогов или путём отнесения модуля стока реки-аналога к тяготеющей к ней площади. Для Якутии, особенно для малых озёр, наиболее приемлемым способом определения суммарного притока воды к озеру является построение карт по имеющимся данным о стоке вблизи расположенных рек карт модулей или слоёв стока [11,211]. Эти карты могут служить основой для оценки притока в озера. При этом необходимо выделить водосборы изучаемых объектов и определить этот приток. Для определения притока за многолетний период можно использовать имеющиеся достаточно подробные карты модулей или слоёв стока территории Якутии (Рис. 3.1).

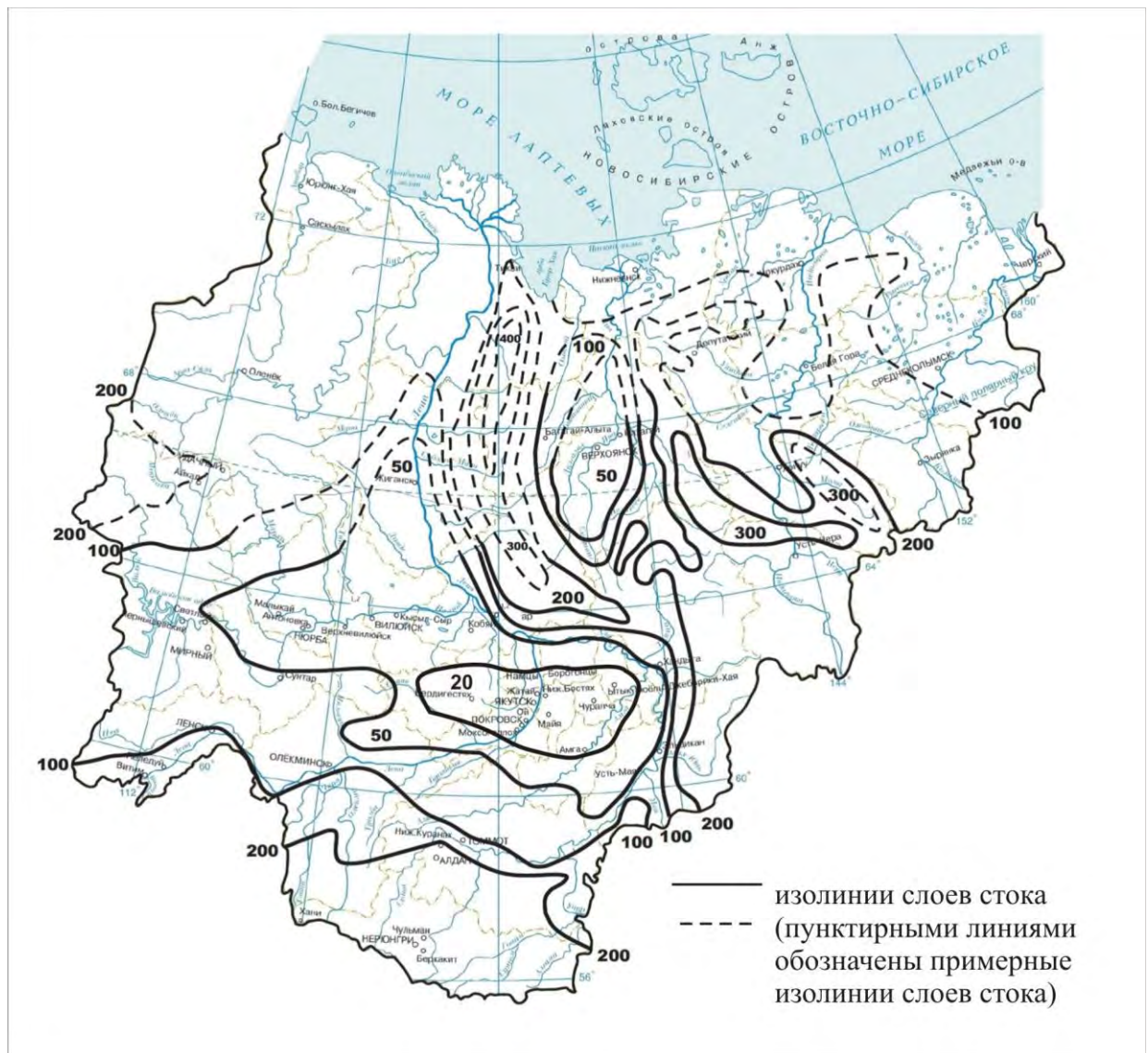


Рис. 3.1 Картосхема среднего годового стока рек, мм

Дополнительно были использованы картосхемы изменения среднегодового стока (Рис. 3.2), рассчитанные по модели WBMPlus на основе сценариев ЕСНАМ5/А2 и ЕСНАМ5/В1 по сравнению со средним многолетним стоком в 1961-1991. Если обратить внимание на динамику водных ресурсов (Рис. 3.3), то после 2000 г идет увеличение стока.

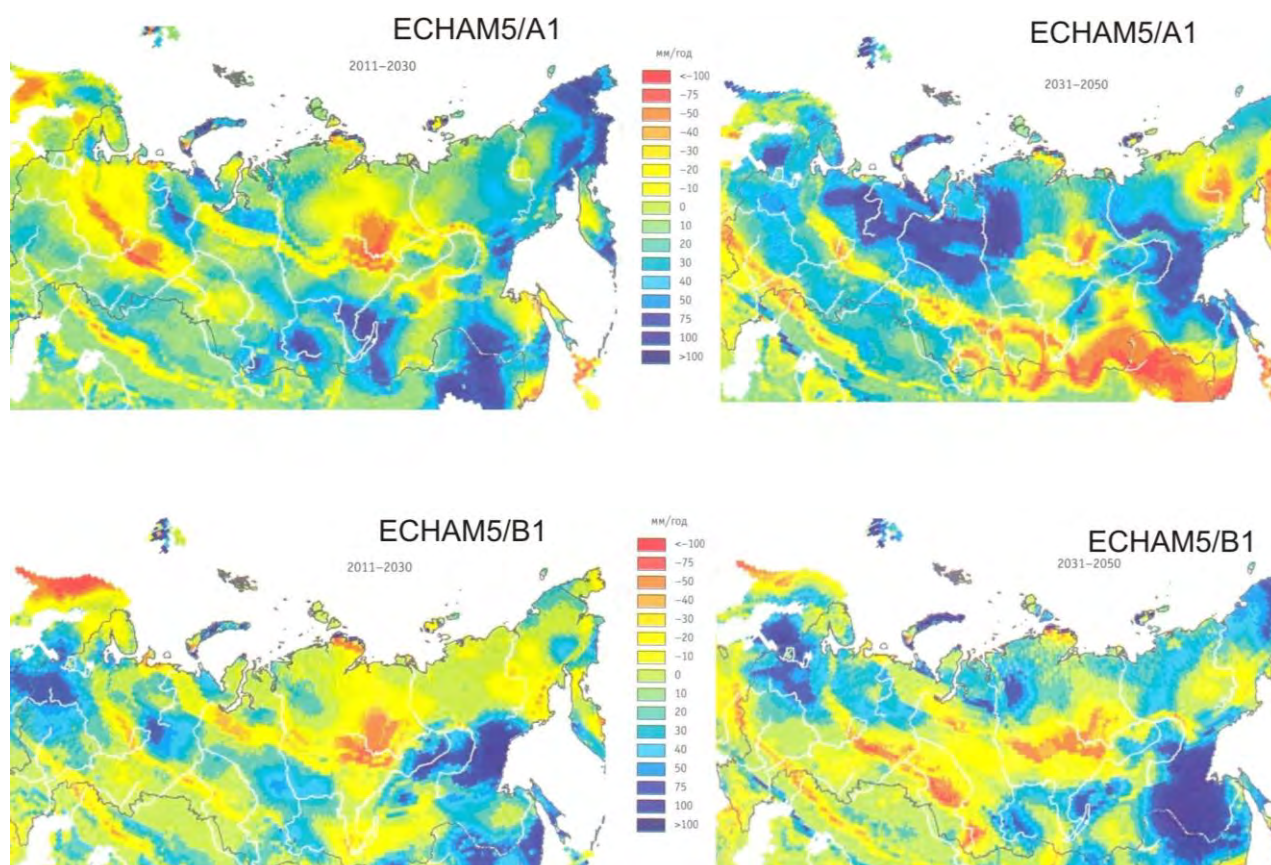


Рис. 3.2 Изменение среднегодового стока по модели WBMPlus на основе сценариев ЕСНАМ5/А2 и ЕСНАМ5/В1 по сравнению со средним многолетним стоком в 1961-1991[211]



Рис. 3.3 Динамика водных ресурсов Якутии [211]

При рассмотрении точности карт стока необходимо различать большие и малые бассейны. В условиях достаточного увлажнения карты изолиний стока, как правило, применимы к малым и очень малым рекам с площадью 50-100 км²[173].

Сток воды из озера. Правильное определение стока воды из озера имеет большое значение для определения коэффициента водообмена по стоку, значение которого положено в основу определения транзита веществ из озера. Этот сток определяется по данным пункта наблюдения за стоком, расположенного на вытекающей реке [10,11,31]. По нашим сведениям, таких пунктов на озерах Якутии практически нет, можно лишь отметить реку, вытекающую из озера или впадающую в озеро. В ряде случаев такие пункты находятся на значительном расстоянии от озера и требуются определённые действия для переноса результатов измерения. В таких случаях следует воспользоваться косвенными способами. Например, следует решить уравнение водного баланса озера (3.1) относительно $V_{ст}$.

$$V_{ст} = V_{пр} + V_{ос} - V_{исп} \pm \Delta V_{акк} \quad (3.4),$$

Для равновесного баланса $\Delta V_{акк} = 0$, тогда

$$V_{ст} = V_{пр} + (V_{ос} - V_{исп}) \quad (3.5),$$

где $(V_{ос} - V_{исп})$ – видимое испарение (E_v). Или уравнение (3.5) представленное в мм слоя воды:

$$h = h + (P - E) \quad (3.6)$$

Привлекая карту стока (Рис. 3.1), следует определить величину притока воды в озеро, затем рассчитать величину видимого испарения.

3.2.2 Испарение с поверхности озера

Испарение происходит в течение всего года и определяется путём расчёта. При этом в тёплое время года испарение происходит с воды, в холодное время – со льда [107,112]. Продолжительность периода открытой воды составляет от 70 дней на севере территории до 130 дней на юге. Основная масса испарившейся воды приходится на июнь – сентябрь на севере и на июнь – октябрь на юге.

Фактические наблюдения за испарением с помощью плавучих испарителей или оценки испарения со стандартных испарительных бассейнов в Якутии не проводились. Наблюдательные работы за испарением с поверхности озера было проведены в 1963г на Лено-Амгинском междуречье, где испарение было в 4 раза больше, чем с поверхности суши за это же время [38,39,165]. Затруднён расчёт испарения по известным рекомендуемым формулам, если отсутствуют среднегодовые температурные данные. В этих случаях надо располагать большим количеством исходных данных получаемых на метеостанциях. Поэтому для получения многолетних величин испарения с водной поверхности следует воспользоваться картами испарения, составленными по ограниченному числу исходных данных.

В настоящее время такие карты, в том числе для территории Якутии, построены А.Н. Постниковым [152]. Не вдаваясь в подробности техники построения карты, можно отметить, что по данным 50 метеостанциями, расположенными в разных частях Якутии, с привлечением лишь доступных стандартных данных по температуре воздуха разработана формула определения испарения за безледный период года.

$$E_{\text{п}} = 4 (21,3 t_{\text{н}} + 27) (0,026 t_{\text{н}} + 0,62) \text{ мм} \quad (3.7)$$

где $t_{\text{н}}$ – многолетняя температура воздуха за безледный период.

Таким образом, зная лишь температуру воздуха над водоёмом, можно определить величину $E_{\text{п}}$. В работе также доказывается возможность не учитывать глубину озера для многолетнего периода при отсутствии ледяного покрова. Уравнение (3.7) положено в основу построения карты испарения с поверхности водоёмов за безледоставный период.

Подобные карты и расчетные формулы разработаны им же и для холодного периода ($E_{\text{х}}$).

$$E_{\text{х}} = 0,31nD \text{ мм} \quad (3.8)$$

где n – число суток в расчетном периоде; D – средний дефицит влажности за этот период.

Таким образом, суммарное испарение с водной поверхности озер Якутии (E_0) равно: $E_0 = E_t + E_x$ и с учетом продолжительности сезонов изменяется от 100 мм в год в северной части республики до 350 мм в центре, и 400 мм на юге. Пересчет величин E_0 за последние 10 лет в условиях меняющегося климата позволил установить величины испарения соответственно: от 150 до 450 мм. При этом основной относительный прирост испарившейся влаги приходится на холодный период, которому соответствует максимальное увеличение температуры воздуха (Рис. 3.4).

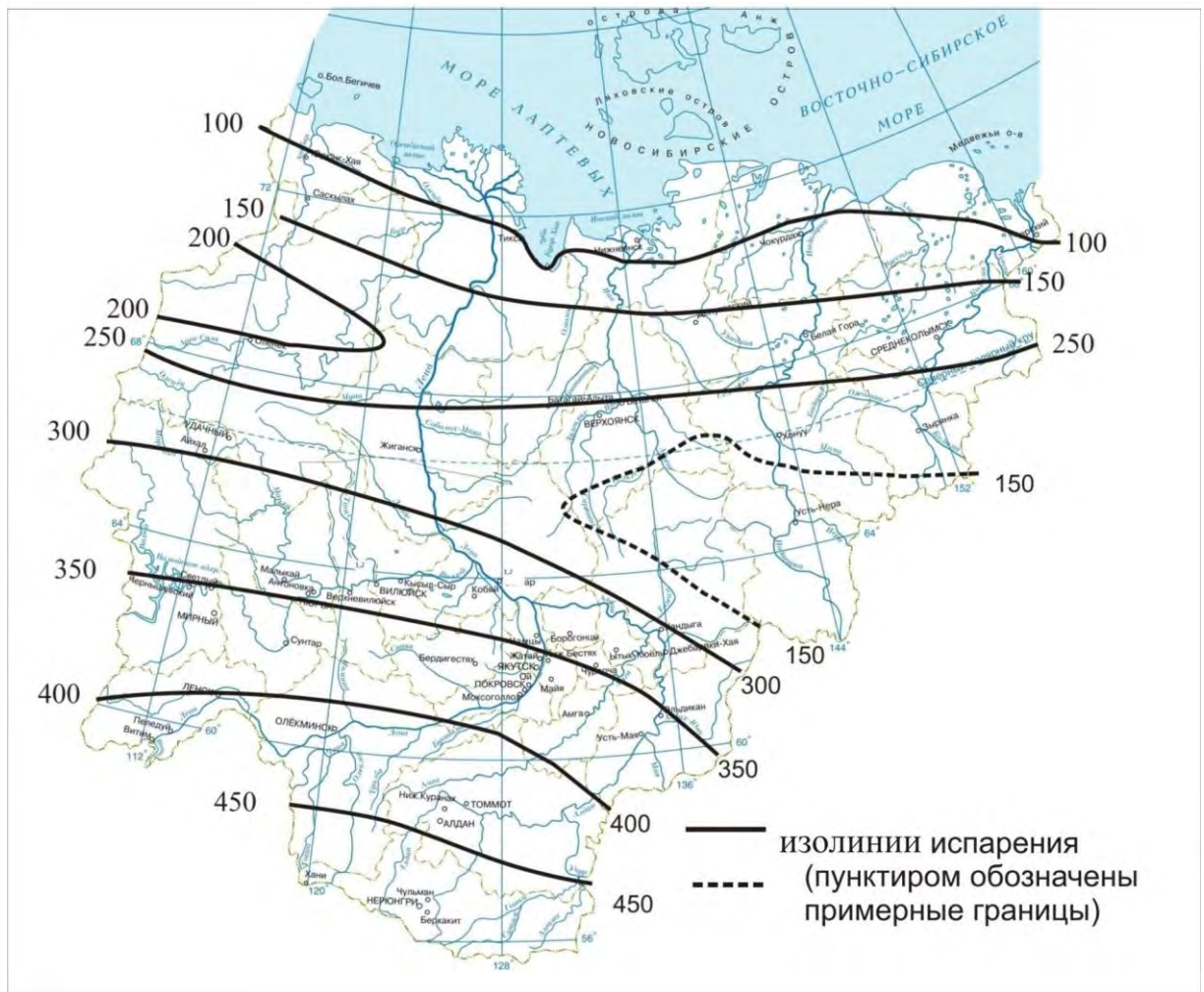


Рис. 3.4 Картосхема испарения мм (по Постникову А.И.)

Из рисунка следует, что для рассматриваемой территории величина E_0 плавно увеличивается с севера на юг: от 150 мм в год за безледный период в зоне тундр до 380 мм в центральной Якутии, в степной зоне. На юге за счёт увеличения высоты местности испарение уменьшается до 300 мм. Следует отметить, что в горных районах испарение меньше. Интенсивность испарения

также зависит и от глубины водоёма, так как испарение убывает с ростом глубины. В связи с этим мелководные водоёмы значительную часть поступающего тепла в них расходуют на испарение, а глубокие – на нагревание водной массы.

На большей части территории снежный покров залегает в течение 220-250 дней в году, т.е. 7-8 месяцев. На побережье и высоких горных районах снежный покров держится до 260-280 дней.

3.2.3 Атмосферные осадки на поверхность озёр

Величину осадков можно взять из имеющихся карт осадков за тот же рассматриваемый многолетний период и многолетние данные[103]. Атмосферные осадки являются одним из главных факторов формирования стока. Многие характеристики стока, например сток за год, за период весеннего половодья и дождевых паводков зависят в основном от осадков, которые их формируют. Главным параметром расчётных формул стоковых характеристик являются атмосферные осадки. Значительное количество выпадения осадков способствует положительному балансу влаги, что благоприятно сказывается на режиме озёр (Рис. 3.5).

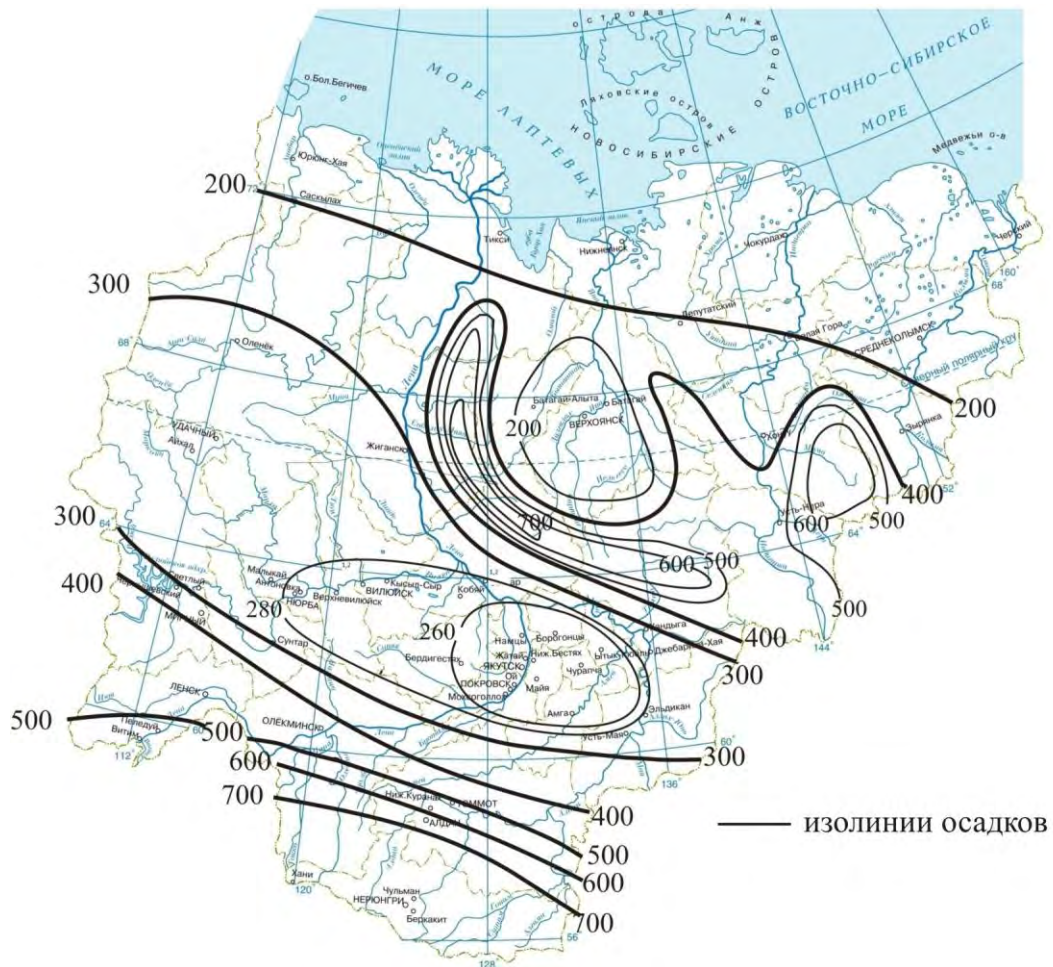


Рис. 3.5 Картосхема атмосферных осадков в мм (1890-2010)

На рассматриваемой территории нет крупных озер с большими площадями зеркал, поэтому плювиометрический градиент не рассматривается. Горные хребты и нагорья восточной и южной части обуславливают весьма сложное и неравномерное распределение осадков от 150 до 650 мм – с севера на юг. На западе территории, ограниченной р. Леной, осадки убывают с севера на юг и с запада на восток, но их изменения по территории невелики – от 400 до 300 мм. На западном склоне Верхоянского хребта может выпасть до 500 мм осадков за год, но в то же время в межгорных впадинах (район Оймякона, Момо-Селенняхской впадине) выпадает всего до 200 мм осадков за год.

3.3 Структура водного баланса озер Якутии

Особенности режимных характеристик озера, функционирование его экосистемы, преобладание аллохтонных или автохтонных процессов во многом определяются структурой водного баланса, т.е. преобладанием тех или иных источников питания (приток по рекам, атмосферные осадки и т.п.) или особенностями формирования расходов воды из озера (испарение, сток, фильтрация и т.п.). Особенно важно иметь представление о структуре баланса при оценке транзитно-аккумуляционных свойств водоёма.

Структура водного баланса озера показывает устойчивый способ связи его элементов и обеспечивает качественную определённость всей озерной системы. Например, в приходной части баланса озера Байкал на поверхностный приток приходится 85%, а 15% на атмосферные осадки и подземные воды менее 2%, 84% расходной части составляет сток Ангары. Для озера Большие Чаны приток по рекам составляет 68%, сток равен 0, а испарение 100%. Для озера Леприндо по нашим расчётам приток составляет 92%, сток 96%. В тоже время для многих озер Якутии сток равен 0. Таким образом, структура водного баланса определяется местоположением водоёма, т.е. климатом и строением озерной системы.

Исходя из этого, выявлены важные условия и закономерности, определяющие соотношения элементов баланса. Такие исследования для озер различных территорий ранее были выполнены Л.Л. Эдельштейном [215,218], А.М. Комлевым [106], А.М. Догановским [68,136], З.А. Викулиной [28,29], Р.А. Нежиховским [125,126] и др. В данной работе внешний водообмен и водный баланс для озер Якутии рассчитаны более подробно. Перечисленные закономерности сводятся к формированию нелинейных связей между долей и составляющими в приходной или расходной частях баланса, с условиями увлажнения и особенностями строения озерных систем. Для озер различных природных зон это можно выразить с помощью уравнения (3.9) представленного в миллиметрах слоя за многолетний период при $\Delta H=0$.

$$h_{np} + P = E + h_{cm} \quad (3.9)$$

где h_{np} , h_{ct} – соответственно приток в озеро и сток из него, включая подземный. Приток воды равен:

$$h_{np} = \frac{V_{np}}{A_0} \quad (3.10)$$

Учитывая (3.8) и (3.9) долю расходной составляющей (y), можно записать:

$$Y = \frac{h_{np.б} \cdot K + P - E}{h_{np.б} \cdot K + A} \quad (3.11)$$

где: $h_{np.б}$ – приток воды с водосбора (мм); $A_б$ – площадь водосбора; K – удельный водосбор ($K=A_б/A_0$).

Или, разделив числитель и знаменатель на P , получим:

$$Y = 1 - \frac{\frac{E}{P}}{\frac{h_{np.б} \cdot K}{P} + 1} \quad (3.12)$$

где $E/P = 1 - \alpha_1$ – коэффициент испарения ; $\frac{h_{np.б}}{P} = \alpha_2$ – коэффициент стока в случае равенства величины осадков, выпавших на поверхность озера, и величины их водосбора.

$$Y = 1 - \frac{\alpha_1}{\alpha_2 \cdot K + 1} \quad (3.13)$$

Так как уравнение (3.13) представляет собой дробно-линейную функцию и является дополнительным, то вторые составляющие баланса, в данном случае атмосферные осадки, также будут описываться уравнением гиперболы, но имеющей обратные знаки (Рис. 3.6)

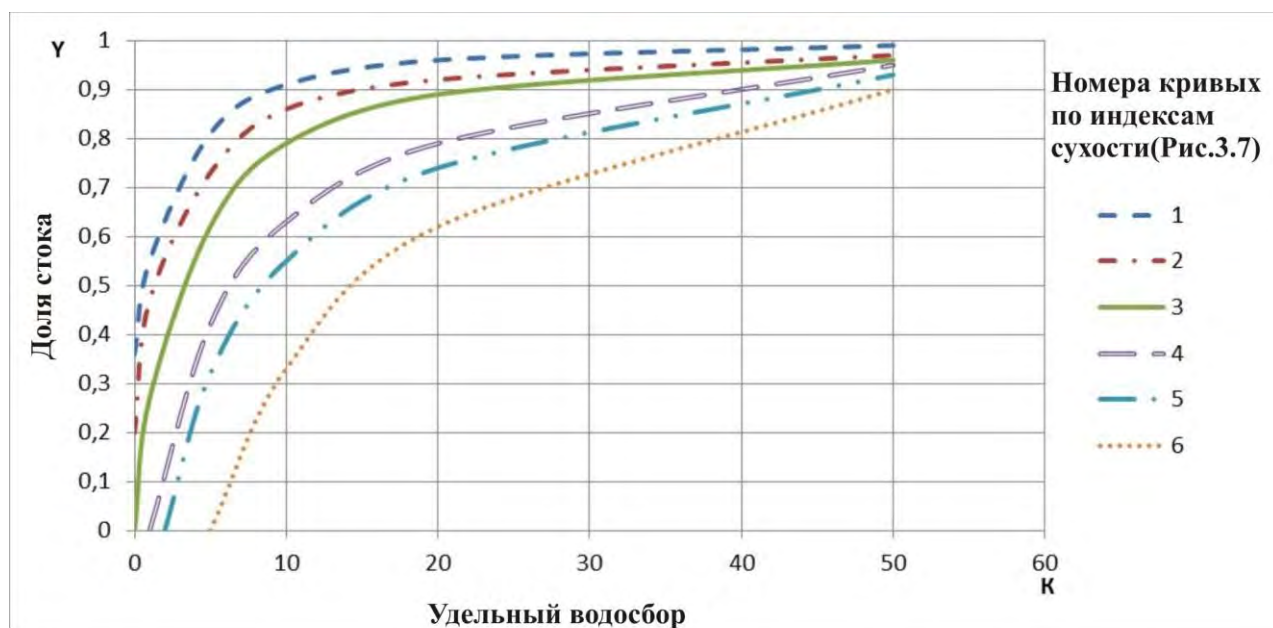


Рис. 3.6 Виды гипербол характеризующих изменение доли стока в расходной части водного баланса от определяющих факторов

Номера кривых соответствуют зонам индекса сухости (Рис. 3.7): 1–2 и более – избыточное; 2–3 – достаточное; 3–4 – переменное; 4–5 – недостаточное; 5–6 и менее – аридное.

Разделение территории Якутии на физико-географические зоны, характеризующиеся разной степенью увлажнения, приведено на карте (Рис. 3.7). Количественное выражение степени увлажнения оценено с помощью индекса увлажнения (K_y), представляющего отношение атмосферных осадков (P) к испаряемости (E_0).

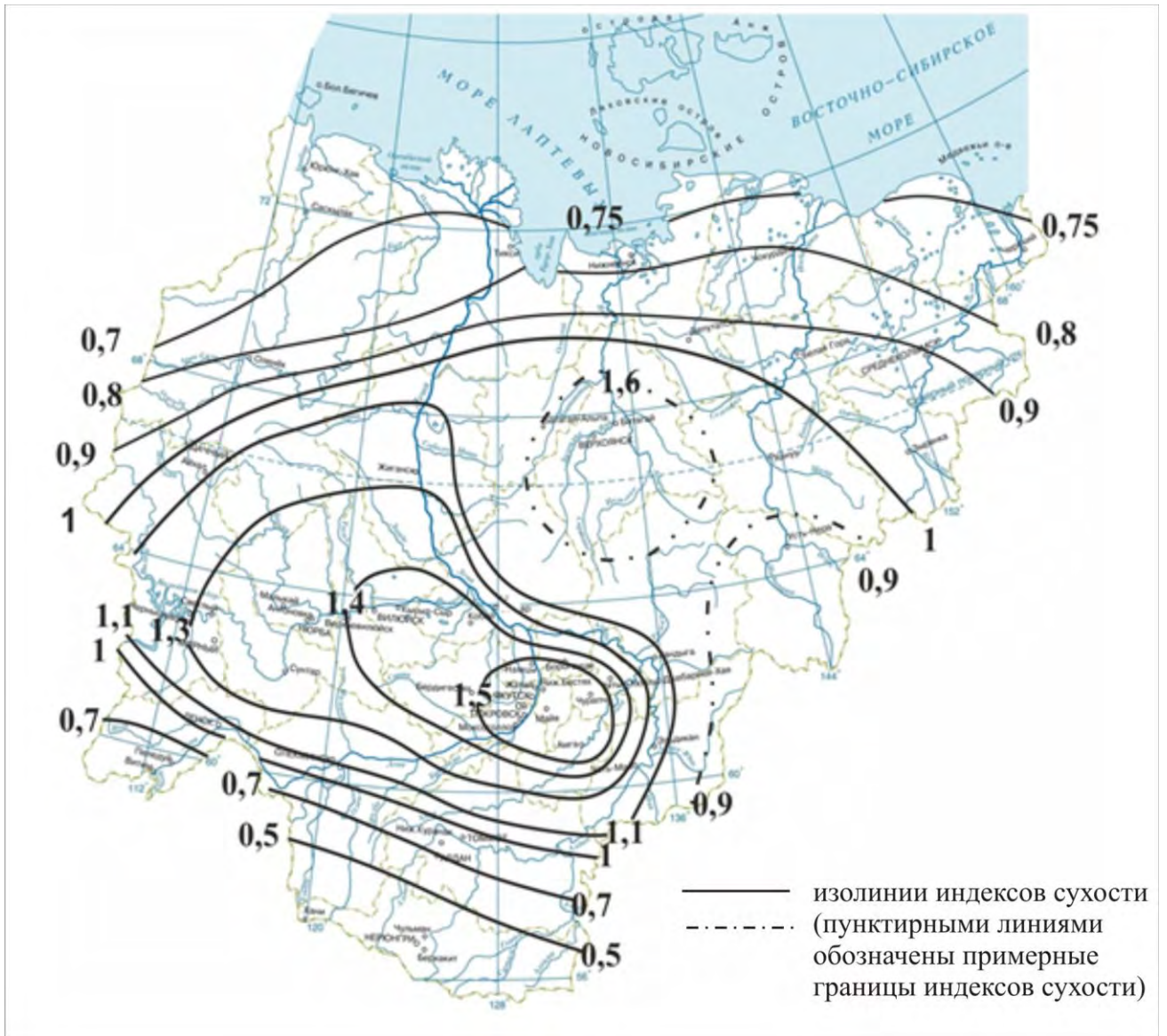


Рис. 3.7 Распределение по территории величин индексов сухости за многолетний период: 1. $K_{ув} > 1,3$, ($< 0,8$) – зона избыточного увлажнения; 2. $K_{ув} 1,3 – 1,0$ ($0,8 – 1,0$) – достаточно; 3. $K_{ув} 1,0 – 0,75$ ($1,0 - 1,33$) – переменного; 4. $K_{ув} 0,75 – 0,65$ ($1,33 – 1,54$) – недостаточно; 5. $K_{ув} 0,1 – 0,65$ ($1,54 – 2$) – аридного; 6. $K_{ув} < 0,1$ (> 2) – пустынный);

На рисунке (3.6) представлено семейство гипербол, построенных при разных значениях аргументов, характеризующих долю составляющих водного баланса от определяющих факторов: 1 – доля стока, 2 – доля испарения (Рис. 3.7). На графике нанесены некоторые озера Якутии, для которых рассчитаны многолетние водные балансы. Из рисунка (3.6) также следует, что при $\beta=1,0$ гипербола служит границей, выше которой располагаются озера зоны избыточного увлажнения, ниже – недостаточно. В первом случае все водоёмы

должны быть сточными. Во втором – наличие стока определяется величиной второго аргумента – удельным водосбором (K_y), т.е. строением озерной системы. Заметную роль здесь играют климатические характеристики, выраженные через норму стока (\check{Q}) – среднюю для всей озерной системы. Величина стока из озера в этом случае определяется значениями (K''). Чем больше удельный водосбор, тем больше сток при прочих равных условиях. При одинаковых условиях, для разных озер, возрастание значения (K'') стока из озера, будет означать увеличение увлажнения территории. Это, в свою очередь, приведёт к уменьшению доли испарения с поверхности озера. Пересечение кривых с осью ординат при $K_{уд}=0$ говорит о том, что, даже не имея водосбора, озеро будет сточным. Пересечение кривых с осью абсцисс говорит о том, что озеро становится бессточным при величине удельного водосбора, соответствующего месту пересечения.

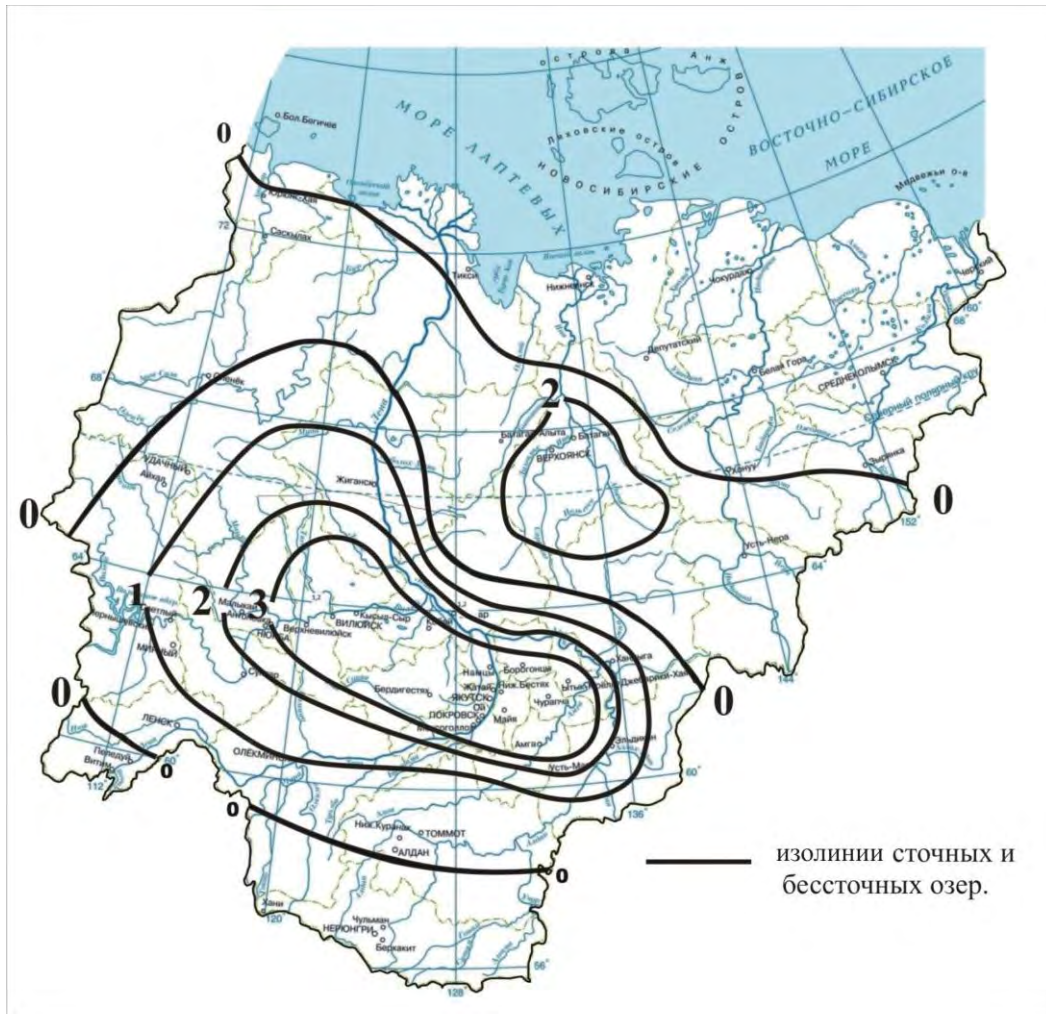
Из рисунка следует, что для рассматриваемой территории характерны все виды увлажнения за исключением аридного. Большое место отведено зоне переменного увлажнения. Граница этой зоны ($K_{увл}=1,0$) является указанной (Рис. 3.7) зоной раздела. Центральная часть Якутии представляет собой зону недостаточного увлажнения. Зоны избыточного и достаточного увлажнения занимают северо-западную, северную и восточную части территории.

Подобным образом можно рассчитать вариант соотношения приходных элементов водного баланса ($h_{пр}$, P). Чем больше (K''), тем выше доля притока воды с водосбора озера и ниже доля осадков на поверхность озера. И наоборот, чем больше увлажнённость территории при одинаковых (K''), тем выше приток из бассейна. Предлагаемый график позволяет оценить степень влияния приходных и расходных составляющих водного баланса на соотношение аллохтонных или автохтонных процессов, происходящих в озере. Этот график представляет несомненный интерес при решении поставленной в работе задачи, связанной с анализом транзитно аккумуляционных свойств озер Якутии. Рассчитанные многолетние балансы разнотипных озер Якутии и соотношение элементов баланса соответствуют выведенным закономерностям. Приведённые уравнения и графики, помимо раскрытия причин, определяющих структуру водного баланса,

дают возможность определить соотношение элементов для неизученных, слабо изученных или вновь создаваемых объектов. Кроме того, они позволяют контролировать имеющиеся водные балансы за многолетний период. Эти уравнения и графики могут быть полезными при оценке новой структуры баланса при возможных изменениях и (K''), например, при учёте хозяйственной деятельности.

3.4 Распределение по территории сточных, бессточных и периодически сточных озёр.

По Б.Б. Богословскому [17,18,19] все озера можно разделить на 2 группы, различающиеся соотношением элементов баланса: стоковые ($h_{ст} > P$) и испаряющие ($h_{ст} < E$). Каждая из групп делится на 2 типа. Стоковые образуют стоково-приточные ($h_{пр} > P$) и стоково-дождевые ($h_{пр} < P$), а испаряющие испарительно-приточные ($h_{пр} > P$) и испарительно-дождевые ($h_{пр} < P$). Для построения карты изолиний $K_{кр}$ использовались данные Приведённый ниже (Рис. 3.8) показывает условия, при которых озеро становится бессточным. При этом критические значения $K_{кр}$ в разных географических зонах будут неодинаковыми. Полученные зависимости, графики, позволяющие оценивать структуру водного баланса, дают возможность отнести озеро к одному из существующих воднобалансовых типов водоёмов Якутии.



> 0 - ареал распространения сточных озер;

> 1 - ареал распространения бессточных озер;

Рис. 3.8 Картограмма распределения сточных и бессточных озер Якутии

Таблица 3.1 Классификация водоемов Якутии по структуре водного баланса

Группа	Тип	Водоем
Сточные (с) $h_{cm} > E$	Стоково-приточные (сп) $h_{np} > P$	Ладаннаах, Мелкое, Лабынкыр, Ожогоино, Сутуруоха, Большое и Малое Токо, озерно-речные системы приморской низменности, проточные, ледниковые озера Восточной, Южной Якутии.
	Стоково-дождевые (сд) $h_{np} < P$	Крупные, проточные озера эрозионно-термокарстового происхождения Центральной Якутии Ниджили, Быранатталаах, Белое, Муосааны,
Испаряющие (и) $h_{cm} < E$	Испарительно-приточные (ип) $h_{np} > P$	Озера Центральной Якутии имеющие временные притоки, такие как Мюрю, Бырама, Тюнглолю, Чапчылган, периодически сточные озера .
	Испарительно-дождевые (ид) $h_{np} < P$	Термокарстовые, аласные озера. Не имеющие стока и притока бессточные термокарстовые озера

На территории Якутии имеются все группы и типы озер. Перечисленные водобалансовые типы озер проще представить как озера сточные, бессточные, а с учётом меняющегося климата иногда можно выделить ещё и промежуточный тип – периодически сточные.

Согласно таблице (3.1) в Якутии, чаще всего должны встречаться сточные и периодически сточные озера, а в ее центральной части – бессточные. Преобразуем уравнение водного баланса (3.12) заменив $V_{пр}$ через $V_{пр}=h_{ср}A_{оз}$ как произведение слоя стока выпадающих в озеро рек и площади водосбора. Тогда представленное в мм слоя уравнение примет вид:

$$\frac{h_{пр}P_{\delta}}{F_0} + P - h_{ст} - E = \pm \Delta H \quad (3.14)$$

где, $A_{в}/A_0 = K$ – удельный водосбор.

Тогда для равновесного баланса бессточного озера ($h_{ст} = 0$, $H = 0$) имеем:

$$h_{пр} \cdot K + P - E = 0 \quad (3.15)$$

Решая уравнение относительно $K_{кр}$ имеем:

$$K_{кр} = \frac{E-P}{h_{\delta}} \quad (3.16)$$

где $K_{кр}$ – критическое значение удельного водосбора, при котором озеро становится бессточным

Или,

$$K_{кр} = \frac{E-P}{P_{\delta} \cdot \alpha \cdot \gamma} \quad (3.17)$$

где α -коэффициент стока определённый по карте, P_{δ} -осадки, выпавшие на водосбор озера; $E-P$ – переходный коэффициент, учитывающий разницу количества осадков, выпавших на озеро и на водосбор. Полагая, что на рассматриваемой территории мы имеем дело с небольшими по размерам озерными системами, с некоторыми допущениями можно принять $K_{\gamma} = 1,0$.

Если фактическое K_{γ} некоего исследуемого озера больше $K_{кр}$, то рассчитанное по формуле (3.16) озеро является сточным, иначе – бессточным. Из уравнения (3.17) также следует, что $K_{кр}$ должно убывать с увеличением степени

увлажнённости территории и увеличиваться с ее уменьшением. При этом возможно достижение $K_{кр} = 0$, которое является границей раздела между сточными озерами и при определённых условиях – бессточными. Величины $K_{кр}$, определяемые через E, P, h , можно картировать, так как перечисленные элементы зональны. Подобные карты для других районов и для России в целом построены [67,101], и на основе этих карт составлена схематическая карта распределения сточных, бессточных и периодически сточных озёр (Рис.3.8).

Одной из трудностей при этом является неучтённые, в водном балансе, величины подземного притока, что возможно вносит ошибку в конечный результат. Для рассматриваемой территории величина подземной составляющей, как это было показано ранее, незначительна, т.к. многие котловины разного происхождения неглубокие и не прорезают многолетнемерзлые толщи пород. Особенно это касается озёр термокарстового происхождения, которых большинство, и их максимальная глубина, как правило, не превосходит 2-3 м. Сравнивая величину подземного стока рек и их подземную составляющую, можно отметить, что на большей части территории Якутии прежде всего в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород и в области распространения термокарстовых озёр, подземный сток практически отсутствует. Невелики величины $q_{подз}$ на востоке, даже в горной части, на очень ограниченной территории, q не превышает 1 л/с км². Лишь южнее 55-57° с.ш. на небольшой части территории Якутии модуль подземного стока возрастает до 2л/с км² при модуле стока рек 8–10л /с км² [9,155].

Для построения карты распределения по территории Якутии сточных, бессточных и периодически сточных озёр привлечены карты распределения многолетних величин атмосферных осадков, испарения с поверхности водоёмов и величин речного стока. Расчёт $K_{кр}$ выполнен по формуле (3.14) в узлах сетки с шагом 50. Изолинии равные $K_{кр}$ проведены через 1,0. Анализ распределения $K_{кр}$ показал, что граница распространения бессточных озёр оконтуривает центральную часть территории Якутии. Внутри этой зоны, относящейся к засушливой (Рис. 3.1), возможно появление сточных озёр при $K_y > 1,9$. Район,

относящийся к низовьям Яны, Индигирки и Колымы, вероятнее всего следует отнести к районам с озерами периодически сточными, т.к. разница $E-P$ (видимое испарение) для всей этой территории близка к 0, и незначительное изменение климата (E,P) может привести к смене знака этой разницы. На остальной территории озера, как правило, сточные. При определении величин K через E,P,h следует помнить, что E зависит от размеров водного объекта.

Отсутствие постоянного стока из озёр центральной Якутии в ряде случаев предопределяет наличие в них воды с повышенной минерализацией. К таким объектам относятся Кемпендяйские и Абалахские озера (Большой и Малый Рас, Тус-Кель и др.), расположенные на Лено-Вилуйской равнине. Кроме фактора отсутствия стока, накопление солей происходит за счёт подземных соляных источников из толщи палеозойских отложений [61].

Приведённая карта (Рис.3.8) распределения $K_{кр}$ может служить основой для исследования и определения размещения по территории озёр с разными транзитно-аккумуляционными возможностями. Карта также показывает размещение по территории воднобалансовых типов озёр в условиях современного климата. Зная физическую сущность коэффициента $K_{кр}$ и закономерности его распределения по территории, можно также оценить распределение типов озёр при разных климатических сценариях.

ГЛАВА IV. ВНЕШНИЙ ВОДООБМЕН РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР ЯКУТИИ

4.1 Физическая сущность внешнего водообмена водоемов

Как отмечено в предыдущей главе, Якутия является территорией повышенной озерности. Правда, озера расположены по территории крайне неравномерно. На юге и востоке в горных местностях озерность ниже, зачастую озера встречаются только вдоль рек или же на тектонических разломах. Вопросам изучения процесса водообмена и разработке способов его определения посвящено большое количество исследований начиная с фундаментальных работ С.В. Григорьева [58], С.Д. Муравейского [122], Прытковой М.Я [153-154], Б.Б. Богословского [17,19], К.К. Эдельштейна [215], А.В. Караушева [93] и др. Большой вклад в развитие изучения водообмена внёс Б.Б. Богословский. Необходимо различать водообмен внутренний и внешний. Внутренний происходит в самих водных объектах и представляет собой процесс выравнивания физико–химических свойств водных масс. Внешний водообмен – это поступление водных масс извне и выход их за пределы водоёма. Количество воды, участвующее во внешнем водообмене, характеризуется водным балансом объекта. Учитывая сложность процесса внутреннего водообмена, следует отметить также, что во внешнем водообмене одновременно участвует не вся поступившая в озеро вода, поэтому внешний водообмен следует считать условным.

Озера являются составной частью гидрографической сети, оказывают заметное влияние на режим речного стока, широко используются в хозяйственных целях. Так, водный режим озер заметно отличается от режима других водных объектов и, в первую очередь, от рек. Изменяются соответственно водные экосистемы, физико-химические свойства водных масс и т.п. Основной причиной таких различий является увеличение в озерах по сравнению, например, с реками времени пребывания воды в котловинах. И чем больше это время, тем заметнее изменения. Кроме того озера вместе с их водосборами образуют озерные

системы, которые формируют особые озерные ландшафты. На рассматриваемой территории, отличающейся весьма разнообразными природными условиями, неодинаковы и озерные ландшафты. Например, системы термокарстовых озер, расположенных в зоне тундр, образуют ландшафты, отличные от ландшафтов озерных систем горных местностей и т.п. Влияют озера и на сток вытекающих из них рек, регулируют сток, снижая максимальные расходы паводков и увеличивая минимальные расходы межени. Также озера можно рассматривать как природные аккумуляторы, задерживающие поступающие с водосборов различные вещества: как естественные, так и являющиеся результатом хозяйственной деятельности. При этом может происходить заиление, зарастание озер водной растительностью, изменение трофического статуса водоема, активизация внутри водоёмных процессов. Использование озер в хозяйственных целях включает организацию водоснабжения и водоотведения, гидроэнергетику, рыбное хозяйство [27,141,190], рекреацию, добычу сапропеля, на крупных озерах возможно судоходство.

Таким образом, водоёмы можно разделить на две отличающиеся друг от друга группы: транзитные ($K_B'' > 100$) и аккумулятивные ($K_B'' < 1$). В практике гидрологических расчётов и анализа рассматриваются два вида внешнего водообмена: «по притоку» (K_B') и «по стоку» (K_B''). Эти коэффициенты могут быть определены из уравнения водного баланса, представленного основными составляющими (4.1). В зависимости от решаемой задачи, коэффициенты K_B определяются как частное от деления суммы приходных или расходных составляющих водного баланса на объем воды в озере (V_0). Однако чаще всего при оценке внутриводоемных процессов рассчитываются коэффициенты водообмена лишь по притоку или стоку [69].

$$K_B' = V_{\text{пр}}/V_0 \quad (4.1)$$

$$K_B'' = V_{\text{ст}}/V_0 \quad (4.2)$$

где $V_{\text{пр}}$ и $V_{\text{ст}}$ – соответственно приток воды в озеро и сток из озера; V_0 – объем воды в озере.

$$T = 1/K_B'' \quad (4.3)$$

где T – период времени обновления воды в водоеме.

Таким образом, при изучении озер одной из главных задач является разработка способов оценки времени пребывания воды в котловинах, или оценка интенсивности водообмена. В качестве количественной характеристики, отражающей этот процесс, принят коэффициент условного внешнего водообмена (K'_B), определяемого в зависимости от задач за многолетний или любой другой период времени. Интерес также представляют изменения этого коэффициента по территории. Физическая же сущность K'_B выражает то, как часто меняется вода в озере. При интенсивном водообмене доминирует транзит веществ, поступающих с водосбора через водоём, при замедленном водообмене усиливается аккумуляция в водоёме. Значение внутреннего водообмена (K''_B) определяет развитие внутренних процессов и, прежде всего, способов удерживать поступающие с водосбора различные вещества, в том числе евтрофирующие и продукты эрозии и абразии. Эти вещества влияют как на эволюционные процессы изменения самой котловины за счёт седиментации, так и на формирование физико-химических свойств воды.

Процесс условного внешнего водообмена изучен достаточно хорошо. Однако разработка методов его расчёта и анализа проведена в основном для озерных районов Северо-Запада России [32,141,189], соседних стран Балтии и Беларуси [153]. В меньшей степени вопрос внешнего водообмена изучен для озерных районов Урала, Сибири [49,84] и Дальнего Востока. При этом количественная оценка внешнего водообмена при наличии необходимых исходных данных, т.е. результатов измерений, не представляет труда. Значительно сложнее определить интенсивность водообмена для неизученных объектов. И это одна из главных задач гидрологии.

Для озер Якутии такие исследования практически не проводились. При этом возникает необходимость широкого изучения озерного фонда республики. В связи с этим разрабатываемая методика определения K'_B для этой территории актуальна [135,138]. Знание интенсивности водообмена и его изменчивости во времени позволяет решить целый ряд важных гидрологических задач. От

интенсивности водообмена, определяемого величиной K_B , зависит уровенный режим водоемов. Чем более замедлен водообмен, тем интенсивнее происходит накопление воды, что приводит к увеличению амплитуды колебаний уровней. С возрастанием значения внутреннего водообмена (K_B') увеличивается продолжительность серий лет высокой и низкой водности [156], фиксируются тренды. В настоящее время вопрос влияния K_B' на уровенный режим водоёмов изучен достаточно хорошо в других регионах России [66,197].

4.2 Транзит и аккумуляция веществ

На основании имеющихся данных, которые оказались весьма ограниченными, были рассчитаны величины K_B'' для ряда озер Якутии. Озера, не имеющие стока и притока, были отнесены к аккумулятивному типу. Внешний водообмен подсчитан для проточных озер Якутии, с известными морфометрическими данными. Предварительные расчёты показали, что на территории Якутии могут быть озера всех перечисленных в таблице классов. Тем не менее, можно предположить, что большинство озер Якутии относится к классу аккумуляционно-транзитных. Значения величины коэффициентов водообмена определяются климатическими условиями (h , P , E) и особенностями строения озерных систем (H , K , A_0). Таким образом, при наличии гидрологических сведений и планов котловин изученных объектов вычисление K_B' и K_B'' не составляет труда. К сожалению, на разнотипных озерах Якутии такие расчёты не проводились. К тому же слабая изученность озер создаёт трудности в определении K_B' .

Величина притока рассчитана по карте модулей стока за многолетний период. В таблице (4.1) приведены данные озер различного происхождения, распространённые в разных частях Якутии и ее сопредельных районов.

Таблица 4.1 Классификация водоемов Якутии по внешнему водообмену

Класс	Водные объекты	Водообмен		Водоём
		$K_в''$	Период времени (Т)	
Транзитные	Участки рек, малые водохранилища	От 100 до более 300	Часы, сутки	-
Транзитно-аккумуляционные	Сильно проточные и проточные озера и водохранилища	10-100	Недели, месяцы	Вилуйское вдхр. Озера на Колымской низменности.
Аккумуляционно-транзитные	Средне и слабо проточные озера и водохранилища	1-10	Месяцы, сезоны, год.	оз. Б.Токо, оз.Лабынкыр, оз. Ладаннах, оз.Ожогино, оз. Сутуруоха. Озерно-речные системы приморской низменности
Аккумуляционные	а) Озера и водохранилища с замедленным водообменом	От 0,1 до 1	Годы, десятки лет	Сточные озера Центральной Якутии, в частности оз. Ниджили, оз.Балыктаах, оз.Мюрю, оз.Тюнгюлю.
	б) Сточные и бессточные озера с малым и исключительно малым водообменом	От <0,1 до 0	Десятки, сотни лет	Непроточные, аласные термокарстовые озера Центральной Якутии.

В транзитных озерах период водообмена составляет часы-сутки $K_в'' > 100$. Водный режим этого класса озер приближается к речному, и практически все поступившие в озеро вещества выносятся за его пределы. Качество воды озера приближается к речному. Транзитно-аккумуляционный класс озер характеризуется сменой воды в течение недель-месяцев, при этом небольшая часть поступивших в озеро веществ задерживается в котловине. При аккумуляционно-транзитном режиме в зависимости от уменьшения величин $K_в''$ происходит увеличение аккумуляционной составляющей, а обмен воды растягивается на десятки–сотни лет. Класс аккумуляционных озер включает бессточные водоёмы, для которых $K_в=0$. Основной обмен воды в них происходит через испарение. Все поступающие в озеро вещества откладываются в котловине. Именно вода озера этого класса чаще всего имеет повышенную минерализацию.

При этом расчёт транзита и аккумуляции веществ автором таблицы оценивается через величину K_B'' . В таблице также приводятся примеры озер разного класса водообмена, расположенные на территории Якутии.

Высокие значения коэффициентов внешнего водообмена (K_B'') демонстрируют связь озера с его водосбором и характеризуют преобладание транзитных вод, а гидрологический режим озер определяется размерами водосборов, площади которых могут во много раз превосходить площади самих водоёмов. В этом случае процессы, происходящие в котловинах, относятся к аллохтонным, т.е. внешним (терригенным). Низкие значения внешнего водообмена (K_B'') показывают преобладание аккумуляции воды и веществ, поступивших в озера. Между транзитными и аккумуляционными можно выделить промежуточные транзитно-аккумуляционные и аккумуляционно-транзитные.

4.3 Транзитно-аккумуляционные особенности неизученных озер

Теоретическим путём выявлен внешний водообмен неизученных озер Якутии. Методы расчёта и анализа водообмена в озерах в основном разработаны для районов вне криолитозоны, а для озер Якутии такие исследования практически не проводились. Знание интенсивности водообмена и его изменчивости во времени позволяет решить целый ряд важных гидрологических, водохозяйственных и других задач, учитывая, что озера могут использоваться в хозяйственных целях для водоснабжения и водоотведения, рыбного хозяйства, рекреации, добычи сапропеля, а наиболее крупные озера – для судоходства [220-221].

Пользуясь формулами из таблицы (2.5), которые были получены нами с помощью графиков зависимостей объемов (V_{O3}) от площадей (A_{O3}) изученных озер, приближённо был рассчитан объем воды (V_{O3}) для неизученных озер с известными площадями (A_{O3}). Затем по карте стока был вычислен объем воды по притоку и стоку. Осадки были сняты с карт осадков данного региона. Испарение с поверхности озер определено с помощью формулы А.Н. Постникова. Подземное

питание в водном балансе для большинства озер Якутии, играет малозначительную роль и, поэтому данный критерий был исключен из расчетов.

Следуя изложенной выше методике, были определены составляющие водного баланса и внешнего водообмена для 1125 озер Якутии, имеющих различное происхождение и расположение. В результате 844 непроточных озера были отнесены к аккумуляционному типу, а остальные 281 проточные – к аккумуляционно-транзитному и транзитно-аккумуляционному типам. Значение внешнего водообмена увеличивается при увеличении осадков и поверхностного стока.

Высокие значения коэффициентов (K_v'') указывают на связь озера с его водосбором и характеризуют преобладание транзитных вод, а гидрологический режим озер определяется размерами водосборов, площади которых могут во много раз превосходить площади самих водоемов. В этом случае процессы, происходящие в котловинах озер, относятся к аллохтонным, т.е. внешним (терригенным) процессам. Низкие значения (K_v'') указывают на преобладание аккумуляции воды и веществ, поступающих в озеро. В режиме озер главное значение имеют внутриводоемные процессы (лимнические, автохтонные).

Предварительные расчеты показали, что на территории Якутии могут быть выделены озера всех перечисленных в таблице классов. Автором была составлена картосхема на основе проведенной оценки внешнего водообмена озер Якутии (Рис. 4.1).

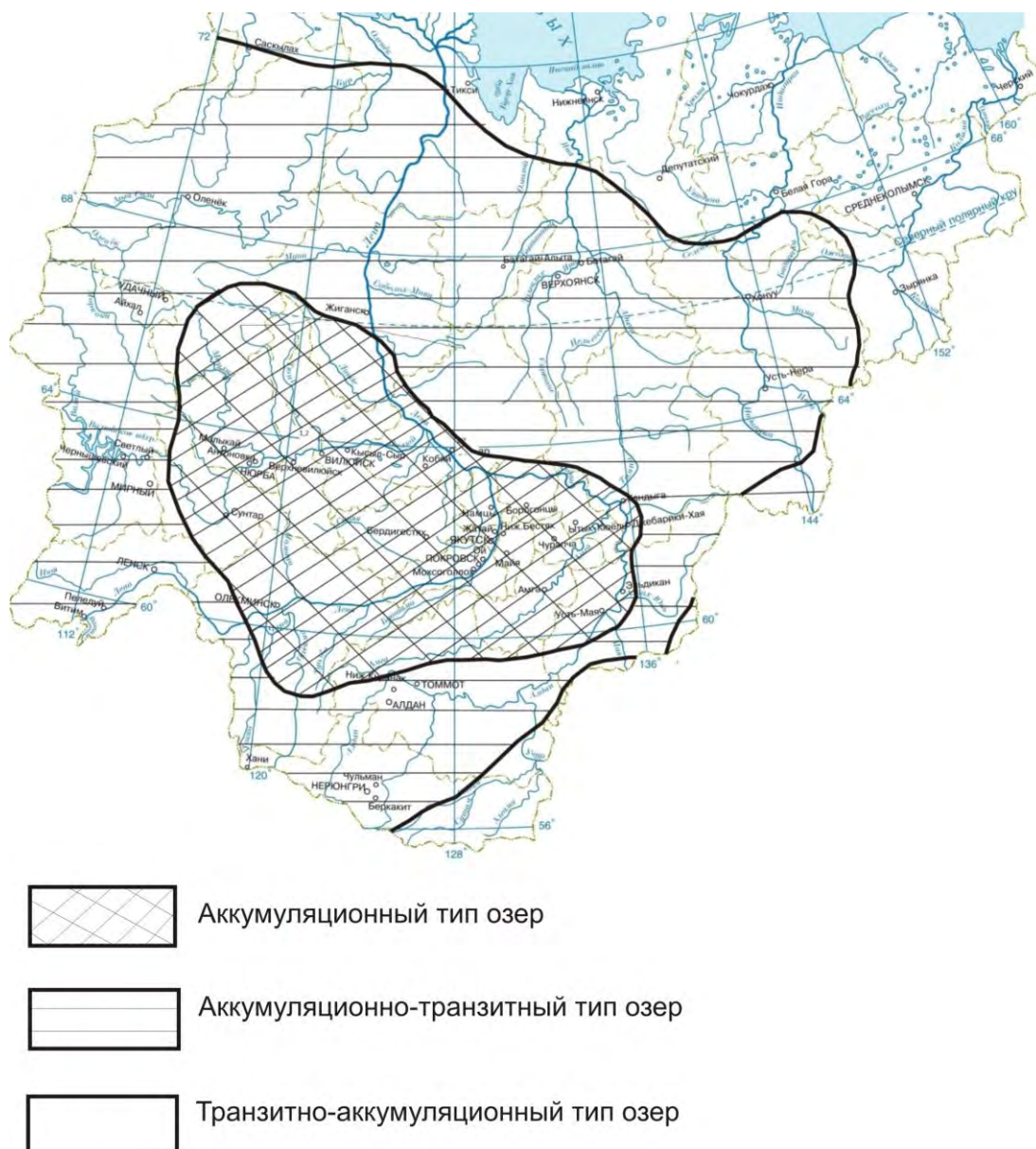


Рис. 4.1 Картосхема распределения озер Якутии по внешнему водообмену

В результате выявлено, что большинство озер расположенные в районе Центральной Якутии относятся к аккумуляционному типу. В районе Приморской низменности сконцентрированы озера транзитно-аккумуляционного типа, но здесь большое влияние оказывают климатические условия, например: до 1980 г. большинство озер имели аккумуляционно-транзитный тип, а за последние 30 лет в связи с увеличением осадков и поверхностного стока, значение внешнего водообмена увеличилось. В остальных районах преобладает аккумуляционно-транзитный тип. Транзитный тип озер встречается крайне редко. Это могут быть водохранилища или озерно-речные системы.

Вода в непроточных озерах слабо обновляется, что может привести их к быстрому заилению и загрязнению. Поэтому расположение населённых пунктов и крупных промышленных объектов на берегах озёр аккумуляционного типа крайне нежелательно, поскольку это может вызвать их загрязнение.

Дальнейшее изучение озёр Якутии имеет многоцелевое значение, в том числе для комплексной типизации континентальных водоёмов по ведущим признакам, определяющим гидрологический и биологический режим озёр и водохранилищ, а также их лимнический тип.

4.4 Внешний водообмен и экологическое состояние озёр Якутии

Формирование химического состава природных вод на территории Якутии находится в большой зависимости от мерзлотных условий. Многолетние породы существенно ограничивают взаимодействие как между поверхностными и подземными водами, так и горными породами водосборов. В питании озёр, особенно замкнутых термокарстовых, преобладающую роль играют атмосферные осадки. Экологическое состояние озера определяется по комплексной оценке качества воды. Наиболее характерными загрязняющими веществами поверхностных вод криолитозоны являются нефтепродукты, фенолы, СПАВ, медь, марганец и аммонийный азот. Значительный вклад в изучении гидрохимии и гидробиологии озёр криолитозоны внесли Т.П. Трофимова [186-189], Л.А. Пестрякова [146-147], М.И. Ксенофонтова [109-111,223], Н.П. Анисимова, В.Н. Макаров [117], С.И. Миронова [120] и др.

С усилением антропогенного эвтрофирования озёр в целом наблюдается тенденция роста общей минерализации. Так, городские озера, как крупный природный ландшафт в черте города, испытывают чрезмерное влияние окружающей среды. Они являются накопителями загрязняющих веществ, и химический состав воды формируется в условиях техногенного пресса.

При водообмене, наибольшую роль играет площадь водосбора, чем больше водосбор, тем больше транзит. Одним из главных факторов формирования химического состава озерных вод исследуемой территории, как и в районах вне области распространения многолетнемерзлых пород, являются породы, слагающие бассейн, их литологический состав и промываемость легкорастворимых солей.

Повышенной минерализацией отличаются озера восточной части Центральной Якутии, приуроченные к области распространения карбонатных суглинков. Такие озера широко распространены в Заречных улусах Якутии – в Лено-Амгинском междуречьи. Образование экстремально содовых озер (Абалах и его окрестности) возможно, объясняется образованием разломных солончаков при глубинной разгрузке напорных высокоминерализованных подземных вод. Минерализация рапы оз. Абалах с пелоидными отложениями достигает 35 г/л, в озерах Абалахской группы водообмен в среднем составляет $K_B''=0,1-1$. Это объясняется тем, что озера имеют водосборный бассейн и водообмен происходит за счет испарения и осадков.

Водоемы левого побережья р. Вилюй более подвержены антропогенному прессу, так как на данном берегу расположено наибольшее количество населенных пунктов на берегу озер, но здесь значение коэффициента чуть выше, чем в Лено-Алданском междуречье: $K_B''=0,5-3$. Наименьшую минерализацию воды имеют воды Ниджилинской группы озер ($K_B''=2$ и больше), расположенной на песчаных террасах р. Вилюй

Озера Кемпендяйского бассейна Якутии: Малый и Большой Рассол, Могсоголах и Тус-Кель – питаются источниками из соляных пород нижнего кембрия, в котором залегают мощные пласты каменной соли. Минеральные озера Кемпендяи являются гелиотермными пелоидными. Все перечисленные озера относятся к аккумуляционному типу, в зависимости от размера площади водосбора и глубины ($K_B''=0,3-1$).

На приморской низменности озера характеризуются слабой минерализацией, с «очень мягкой» или «мягкой» жесткостью, бедны биогенными

и минеральными веществами, ненасыщенными органическими веществами и ионами тяжелых металлов, обладают благоприятным газовым режимом, высокой прозрачностью и имеют низкий уровень загрязняющих веществ. Большинство озер относятся к аккумулятивно-транзитному и транзитно-аккумуляционному классу ($K_v''=10$ и больше)

Степень минерализации зависит от площади водосборного бассейна, от глубины водоема, происхождения, проточности и месторасположения. Полученные результаты этих работ послужат основой для региональной оценки территории по антропогенному влиянию на экологическое состояние озер.

Заключение

1. При рассмотрении озер разных типов, автором выделены преобладающие типы озер Якутии. Из большого разнообразия типов озер в Якутии преобладают озера термокарстового происхождения, являющиеся результатом деградации многолетнемерзлых пород (криолитозоны).

2. На основе морфометрических показателей выполнены разработки объемов воды в озерах Якутии при отсутствии наблюдений. Для этих целей установлены зависимости, например, $V_0=f(A_0)$ отдельно для основных выделенных типов озерных котловин по происхождению. Определены объемы и средние глубины 1125 озер различного генезиса, и вычислен их водный баланс и внешний водообмен.

3. Автором, в том числе косвенным путем, рассчитаны многолетние водные балансы озер Якутии. Для этого были определены значения притоков и стоков на основе имеющихся карт распределения гидрометеорологических элементов по изучаемой территории. Подробное изучение водных балансов и определение внешнего водообмена, позволило районировать территорию по распределению сточных, бессточных и периодически сточных озер

4. Оценка интенсивности внешнего водообмена озер имеет большое значение не только для научных исследований, но и при хозяйственном использовании. Представленные в данной диссертационной работе результаты дают возможность, оценить транзитные возможности озер расположенных на территории Якутии.

5. В данной диссертационной работе показана необходимость разработки способов оценки водообмена при недостаточности или при отсутствии наблюдений.

6. Разработаны способы определения интенсивности внешнего водообмена для разнотипных озер, позволяющие выполнять массовые расчеты коэффициентов и оценку транзитно-аккумуляционных возможностей озер Якутии.

Литература

1. Адаменко В.Н. Климат и озера (К оценке настоящего, прошлого и будущего). – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 263с.
2. Аржакова С.К. О классификации рек Якутии. – В кн.: Водные ресурсы Сибири. – Красноярск: 1988. – С. 37-40.
3. *Аржакова С.К.* Зимний сток рек криолитозоны. – СПб.: РГГМУ, 2001. – 205с.
4. Аржакова С.К., Жирков И.И., Кусатов К.И., Андросов И.М. Реки и озера Якутии. – Якутск: Бичик, 2007. – 133 с.
5. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 443 с.
6. Алексеев В.Р., Фурман М.М. Наледи и сток. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1976. – 118 с.
7. Алексеев В.Р. Криология Сибири: избранные труды/ В.Р. Алексеев; науч. Ред.: А.Н. Антипов, В.П. Мельников; Рос. Акад. Наук, Сиб. Отд-ние, Институт географии им. В.Б. Сочавы. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 483с.
8. Алексеев С.В. Криогидрологические системы. Формирование понятия и классификация // М.: Криосфера Земли.– 2005. – Т. IX – № 2. – С. 85-93.
9. Анисимова Н.П. Гидрогеохимические исследования криолитозоны Центральной Якутии / Н. П. Анисимова, Н. А. Павлова; Российская академия наук (РАН), Сибирское отделение (СО), Институт мерзлотоведения (ИМЗ); под ред. В. В. Шепелева. – Новосибирск: Гео, 2014. – 190 с.
10. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР. Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР. – М: Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР , 1989. – 115с.
11. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли / Ред. коллегия: В. И. Корзун и др.; гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Междувед. ком. СССР по Междунар. гидрол. десятилетию. Прилагается: Карты (65 листов) МГД. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. – 637 с.

12. Арэ Ф.Э. О современном высыхании озер Центральной Якутии//Вопросы географии Якутии. – Вып. 6. – Якутск, 1969. – С.78-86.
13. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна//Российская Академия наук. Сибирское отделение, Лимнологический Институт. – Новосибирск "Наука", 2009. – 12 с.
14. Балобаев В.Т., Иванова Л.Д., Никитина Н.М. и др. Подземные воды центральной Якутии и перспективы их использования. – Новосибирск: СО РАН Гео, 2003. – 135 с.
15. Балобаев В.Т. Влияние климата на мерзлотные ландшафты Центральной Якутии / Отв. ред. д.г.-м.н. Балобаев В.Т., д.г.н. Гаврилова М.К., Федоров А.Н. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 1996. – 149 с.
16. Белокрылов И.Д., Ефимов А.И. Многолетнемерзлые породы зоны железорудных и угольных месторождений Южной Якутии. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 76 с.
17. Богословский Б.Б. О районировании озер СССР по водному балансу// Труды III Всесоюзного гидрологического съезда. – Т.4. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – С. 17-25
18. Богословский Б.Б. Схема гидрологической классификации озер и районирование озер СССР// Вестник МГУ, 1960. – №2. – С. 54-60.
19. Богословский Б.Б. О водообмене и водных массах водных объектов. В кн. «Круговороты вещества и энергии в озерных водоемах». – Новосибирск: Наука (Сиб. отд.), 1975. – С. 270-275.
20. Босиков Н.П. Эволюция аласов центральной Якутии. Якутск: ИМЗ СО РАН, 1991. – 127 с.
21. Большиянов Д.Ю. Макаров А.С., Шнайдер В., Штоф Г. Происхождение и развитие дельты р. Лены. – СПб: ААНИИ, 2013. – 266 с.
22. Бойчук В.В., Голодовкина А.Д. Вопросы питания зимнего стока и наледей в условиях вечной мерзлоты. – Колыма, 1966. – С. 4-7.
23. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат. – 1971. – 482с.

24. Васильев И.С. Пространственно-временные закономерности формирования деятельного слоя в ландшафтах западной Якутии. – Новосибирск "Наука", 2005. – 228 с.
25. Вельмина Н.А. К вопросу о происхождении замкнутых (аласных) впадин Центральной Якутии//Известие АН СССР, Якутск, 1957. – №2. – С. 97-105.
26. Вельмина Н.А., Узембло В.В. Гидрогелогия центральной части Южной Якутии. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 179 с.
27. Васильева И.И. Водоросли в сапропелях некоторых озер Якутии// Сапропель в сельском хозяйстве. – Якутск, 1971 – С. 334-340.
28. Викулина З.А. Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза. – Л., Гидрометеиздат, 1979. – 173 с.
29. Викулина З.А. Роль подземных компонентов в водном балансе озер и водохранилищ. Труды ГГИ, – Л.:1977. С – 96-112.
30. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 199 с.
31. Водогрецкий В.Е., Крестовский О.И. Воднобалансовые экспедиционные исследования. – Л., Гидрометеиздат, 1975. – 144 с.
32. Водогрецкий В.Е. Вопросы влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы и водный режим. Л.: Труды ГГИ, 1973. – вып.206. – 90 с.
33. Всеволожский В.А. Подземный сток и водный баланс платформенных структур. М.: Недра, 1983. – 167 с.
34. Втюрин Б.И. Подземные льды СССР. – М.: Наука, 1975. – 212 с.
35. Гаврильев П.П. Мерзлотно-климатические аспекты развития термокарстовых озер Якутии в условиях глобального потепления климата и хозяйственного освоения. Якутск: ИМЗ СО РАН, 2000. – С. 23-35.
36. Гаврильев П.П. О развитии криогенных процессов устойчивости агроземель в Якутии // Закономерности развития и дифференциации мерзлотных ландшафтов. Якутск: ИМЗСО РАН, 1993. – С. 98-110.
37. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. – Якутск: Якутское кн. Изд-во, 1973. – 120 с.

38. Гаврилова М.К., Попов П.П. Микроклимат озер Центральной Якутии// Озера криолитозоны Сибири. – Новосибирск, 1974. – С. 67-82.
39. Гаврилова М.К. Микроклиматический и тепловой режим озера Тюнгилю // Вопросы географии Якутии. Якутск: Якуткнигоиздат, 1969. – №5. – С. 57-72.
40. Гаврилова М.К. Современный климат и вечная мерзлота на континентах. Новосибирск: Наука, 1981. – 113 с.
41. Гаврилова М.К. Тепловой режим ландшафтов Якутии//XXIII Международный географический конгресс. Симпозиум География полярных стран Тур К-29. Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 52-54.
42. Гаврилова М.К. Климат и многолетнее промерзание горных пород: Автореферат диссертации на соискание уч. степ. д.г.н. в форме научного доклада. – М.: Ин-т географии АН СССР, 1984. – 43 с.
43. Гаврилова М.К. Анализ изменения природно-климатических условий Якутии по начало следующего столетия // Природные условия осваиваемых регионов Сибири. Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1987. – С. 146-159.
44. Гаврилова М.К., Федоров А.Н., Варламов С.П. и др. Влияние климата на мерзлотные ландшафты Центральной Якутии. Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН - ассоциированный член изд-ва СО РАН, 1996. — 152 с.
45. Гаврилова М.К. Особенности влияния изменения климата на преобразование ландшафтов//Влияние климата на мерзлотные ландшафты Центральной Якутии. – Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН – ассоциированный член изд-ва СО РАН, 1996. – С. 5-10.
46. Гаврилова М.К. Климаты холодных регионов Земли. – Якутск: Изд-во СО РАН, 1998. – 206 с.
47. Гаврилова М.К. Климаты холодных регионов земли. – Якутск: ЯФ ГУ Изд-во СО РАН, 2003. – 206с.
48. Гаврилова М.К. Изменения климата в районах «вечной мерзлоты» на протяжении XX века в России. Влияние климатических и экологических изменений на мерзлотные экосистемы // Труды III Международной конференции. – Якутск, 2007. – С. 9-15.

49. Галахов В.П. Оценка увлажнения Юго-Западной Сибири с помощью палеолимнологических реконструкций озера Чаны / В.П. Галахов. – Барнаул: АГУ, 2011. – 51 с.
50. Гарагуля Л.С., Гордеева Г.И., Оспенников Е.Н. Роль геокриологических процессов в формировании динамике экосистем криолитозоны //Криосфера Земли. – Т XVI. – №4. – Новосибирск, 2012. – С. 31-41.
51. Глушков А.В. 100 рек Якутии. – Якутск: Якутский научный центр СО РАН, 1996. – 368 с.
52. Галанин А.А. Криогенно-эоловый механизм формирования водоносных межмерзлотных таликов Центральной Якутии // Фундаментальные и прикладные проблемы гидрогеологии: матер. Всерос. совещ. по подземным водам Востока / России (XXI Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего востока с международным участием, 22-28 июня 2015 г.). Якутск: ИМЗ СО РАН, 2015. – С. 80-84.
53. Граве Н.А., Мельников П.И. Критерии и прогнозы устойчивости мерзлотных ландшафтов//Факторы и механизмы устойчивости геосистем. М.,1989. – С.70-73.
54. Гречищев С.Е., Чистотинов Л.В., Шур Ю.Л. Криогенные физико-геологические процессы и их прогноз. М., Недра, 1980. – 383 с.
55. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат. – 1979. – 430 с.
56. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, часть 2: Озера и водохранилища. – Л.: Гидрометеиздат. – Т8 – 1983. – 56 с.
57. Григорьев М.Н. Криоморфогенез устьевой области р. Лены. – Якутск: ИИМЗ СО РАН, 1993. – 173 с.
58. Григорьев С.В. О некоторых определениях и показателях в озераведении // Материалы по гидрологии Карелии. – Вып.18. – Петрозаводск: Изд-во Карельск. филиала АН СССР, 1958. – С. 41–45.

59. Голомах Ю.В., Сало Ю.А. Структура многолетнего водного баланса озера Прянжинское/Водная среда Карелии: исследование, использование, охрана. Петрозаводск, КГПУ.– 2005. – С. 45-49
60. Гуков А.Ю. Гидробиология устьевой области реки Лены. – М.: Научный мир, 2001. – 285с.
61. Дзенс-Литовский А.И. Методика комплексного исследования и разведки озерных соляных месторождений. – Л.: Госхимиздат, 1957. – 212 с.
62. Драбкова В.Г., Сорокин И.Н. Озеро и его водосбор – единая природная система. – Л.: Наука, 1979. – 196 с.
63. Десяткин Р.В. Почвы Аласов Лено-Амгинского междуречья. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984. – 168 с.
64. Десяткин Р. В. Почвообразование в термокарстовых котловинах-аласах криолитозоны. – Новосибирск: Наука, 2008. – 324 с.
65. Догановский А.М. Исследование возможности обобщения данных по водному балансу внутренних водоемов. Сб. работ по гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – №17. – С.172-179.
66. Догановский А.М. Закономерности колебаний уровней озер и их влияние на основные элементы режима водоемов // Озера и водохранилища. Труды V Всесоюзного гидрологического съезда. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – Т.8. – С.65-70.
67. Догановский А.М., Комаринский Д.В. Распределение по территории озер с разной степенью проточности. «Современные проблемы гидрометеорологии». Сборник посвящен памяти профессора В.Н. Адаменко. Под редакцией доктора географических наук профессора А.М. Догановского. – СПб.: Астерион, 2006. – С.185-191.
68. Догановский А.М., Поликарпова В.А. Зональные особенности внешнего водообмена озер // География общества СССР. – Л.: Академия наук СССР, 1984. – С. 60-70.
69. Догановский А.М., Малинин В.Н. Гидросфера земли. – СПб.: Гидрометеиздат, 2004. – 628 с.

70. Домрачев П.Ф. К вопросу о классификации озёр Северо-Западного края // – Т.4. – Л.: Известия ГГИ, 1922. – С. 1-43
71. Еловская Л. Г., Коновский А. К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск: Наука, 1978. – 175 с.
72. Ефимов А.И. Высыхание термокарстовых озёр Центральной Якутии. – Т.1. – № 2. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 1946. – С. 91-94.
73. Жирков И.И. Кемпендяйские озёра соляного карста // Герценовские чтения. “География и геология”. – Л.: РГПУ им. А.И. Герцена, 1972. – С. 86-88.
74. Жирков И.И., Брюханов И.М., Голубцова Т.С., Корякина О.К. Гидрохимические особенности термокарстовых озёр Центральной Якутии в зависимости стадии их развития // Круговорот вещества и энергии в водоёмах. – Вып. 5. – Иркутск, 1981. – С. 49-50.
75. Жирков И.И., Брюханов И.М., Голубцова Т.С. Гидрохимическая характеристика разнотипных озёр бассейна Верхнего Вилюя // Круговорот вещества и энергии в водоёмах. – Вып. 5. – Иркутск, 1981. – С. 47-48.
76. Жирков И.И. Морфометрическая классификация как основа рационального использования охраны и воспроизводства природных ресурсов криолитозоны // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озёр криолитозоны (на примере Центральной Якутии). Межвузовский сборник. – Якутск: Изд. Якутского госуниверситета, 1983. – С. 4-45.
77. Зайков Б.Д. Очерки гидрологических исследований в России. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 325 с.
78. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь А-Я. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 144 с.
79. Знаменский В.А. Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 247 с.
80. Зольников В.Г., Попова А.И. Палеогеографическая схема четвертичного периода равнины Центральной Якутии // Труды Института биологии. – Вып.1. – М.: АН СССР, 2000. – С. 5-8.

81. Иванов П.В. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине // Бюллетень ЛГУ. – Л.: Гидрометеиздат – 1948. – № 20. – С. 29-36.
82. Иванов М.С. Криогенное строение четвертичных отложений Лено-Алданской впадины. – Новосибирск: Сибирское отделение, 1984. – 123 с.
83. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. – М.: Высшая школа, 1991. – 361с.
84. Исмайылов Г.Х. Мировой водный баланс и водные ресурсы земли, водный кадастр и мониторинг водных объектов: учебник / Г.Х. Исмайылов, А.В. Перминов. Москов. гос. ун-т природообустройства. – Москва: МГУП, 2013. – 324 с.
85. История озер Севера Азии / Рецензенты М.Я. Прыткова, Н.Н. Верзилин. – СПб.: 1995. – 288 с.
86. История озер Севера Азии. – СПб, 1995. – 287 с.
87. История озер в СССР // Часть II.– Иркутск, 1979. – 166 с.
88. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. – Киев: Наукова Думка, 1990. – 239 с.
89. Карнацевич И.В., Акимова В.С. Гидрологические расчеты неизученных рек Сибири по данным метеонаблюдений. Омск: Изд-во СибГУФК, 2014. – 103 с.
90. Катасонов Е.М., Иванов М.С. Криотология Центральной Якутии. Якутск, 1973. – 37 с.
91. Катасонов Е.М., Иванов М.С. Криотология Центральной Якутии // II Международная конференция по мерзлотоведению). – Якутск: ИМЗ СО АН, 1973. – 37 с.
92. Катасонов Е.М. Строение и абсолютная геохронология аласных отложений Центральной Якутии. – Новосибирск, 1979. – 95 с.
93. Караушев А.В. Внешний водообмен и формирование качества воды в озерах и водохранилищах//Труды ГГИ. – Вып. 249. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – С. 48–62.
94. Климат города Якутска. – Л.:, Гидрометеиздат, 1982. – 248 с.
95. Климат России. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 654 с

96. Качурин С.П. Вечная мерзлота и рельеф на Лено-Виллюйском разделе// Исследования вечной мерзлоты ЯАССР. – Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1950. – №2. – С. 71-97.
97. Качурин С.П. Термокарст на территории СССР. – М.:Академия наук СССР,1961. – 291 с.
98. Качурин С.П. Аласы Центральной Якутии//Труды Северо-Восточного отделения Института Мерзлотоведения. – Вып. №1. – Якутск: ИМЗ СО РАН – С. 167-178.
99. Квасов Д.Д. Возрастно-генетическая классификация котловин озер Северной и Центральной Евразии//Изв. ВГО, 1986, т. 118, вып. 6. – С. 487 – 492.
100. Колпаков В.В. Об ископаемых пустынях нижнего течения р. Лены// Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. М.:№37, 1970. – С. 75 – 82.
101. Комаринский Д.В. Закономерности распределения озер с разной структурой водного баланса по территории северной и центральной Евразии // Электронный журнал "Исследовано в России", 2005 – С. 26-34. Режим доступа: <http://zhumal.ape.relam.ru/articles/2005/003.pdf>.
102. Кирпотин С.А., Полищук Ю.М., Брыксина Н.А. И. Изучение динамики термокарстовых процессов на севере Западной Сибири с использованием космических снимков и наземных данных // Вестник Томского государственного университета. – Томск: ТГУ, 2008. – №311. – С. 352-359.
103. Кириллина К.С. Современные тенденции изменения климата республики Саха (Якутия) // Ученые записки. – СПб.: РГГМУ,2013 – №30. – С. 69-77.
104. Кириллина К.С., Лобанов В.А., Сердитова Н.Е. Оценка будущего климата республики Саха (Якутия) // Ученые записки. – СПб.: РГГМУ, 2015 – №30. – С. 113-127
105. Китаев С.П. К возможности определения средней глубины и показателя условного водообмена озер картографо-статистическим методом // VII сессия Ученого совета по проблеме «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского Севера». Тезисы докладов. – Петрозаводск, 1969. – С. 33–36.

106. Комлев А.М. Некоторые проблемы оценки ресурсов поверхностных вод. Географический вестник №1-2. – Пермь: ПГУ, 2005. – С. 68-72.
107. Константинов А.Р. Испарение в природе. Издание 2-е переработанное и дополненное. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 532 с.
108. Космаков И.В., Космакова В.Ф. Гидрологический режим и водный баланс озера Белое // Вестник Томского Государственного университета. Том №274. – Томск: ТГУ, 2001. – 136-140.
109. Ксенофонтова М.И. Гидрохимическая характеристика озерных вод Центральной Якутии // Материалы X Лаврентьевские чтения. – Якутск, 2006. – С. 126-132.
110. Ксенофонтова М.И., Ушницкая Л.А. Экологическое состояние озера Лено-Амгинского междуречья // Проблемы региональной экологии. – ООО Издательство "Камертон", 2008. – №2. – С. 12-14.
111. Ксенофонтова М.И., Пестрякова Л.А. Геоэкологические особенности озер бассейна среднего течения реки Вилюй // Проблемы региональной экологии. № 3, 2009. – С. 24-27.
112. Кузнецов В.И. Испарение со снежного покрова Труды ГГИ. – Вып 109. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – С. 3-56.
113. Литинская К.Д. Режим уровней озер и водохранилищ Карелии. – Л.: Наука, 1976. – 146 с.
114. Лунгерсгаузен Г.Ф. Геологическая история Средней Лены и некоторые вопросы стратиграфии четвертичных отложений Восточной Сибири// Четвертичные отложения азиатской части СССР. – М.: АН СССР, Т3, 1961. – С.115-116.
115. Лут Б.Ф., Агафонов Б.П. Морфология котловин некоторых современных озер Забайкалья // Мезозойские и кайнозойские озера Забайкалья. М, 1968. – С. 177-182.
116. Любомиров А. С. Озера криолитозоны Чукотки /отв. ред. И. В. Климовский. Изд-во АН СССР Сибирское отделение – Якутск: Институт мерзлотоведения, 1990. – 175 с.

117. Макаров В.Н., Слепцов А.Н. Экогеохимия озерных систем г. Якутска // Международная конференция «Озера холодных регионов» Ч. 3 Гидрогеохимические вопросы. – Якутск: Изд-во Якутского ун-та, 2000. – С. 117-126.
118. Методы изучения и расчёт водного баланса. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 397 с.
119. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли / Под редакцией Корзуна В.И., Соколова А.А. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 638 с.
120. Миронова С.И., Гаврильева Л.Д., Шишкина Н.П., Дмитриев А.И., Прокопьев Н.П. Антропогенное воздействие на аласные экосистемы Лено-Амгинского междуречья. Экологические проблемы заречья // Научно-практическая конференция с. Чурапча. – Якутск, 1994. – С. 70-78.
121. Мостахов С.Е. Озерность бассейна р. Лены. В кн. Озера криолитозоны Сибири. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 3-7.
122. Муравейский С.Д. Очерки по теории и методам морфометрии озер // Реки и озера. М., 1960. – С. 91-125
123. Мухин Н.И. Особенности возникновения и развития термокарстовых озер на территории Яно-Индибирской низменности // Озера криолитозоны Сибири. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 18-25.
124. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 160 с.
125. Нежиховский Р.А. Объем воды в реках, озерах и водохранилищах Советского Союза. – Л.: Труды ГГИ, 1973. – №203 – С.239-247.
126. Нежиховский Р.А. Гидрологические расчёты и прогнозы при эксплуатации водохранилищ / Нежиховский Р.А. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 191с.
127. Нестерева М.И. Пространственные особенности строения разнотипных озерных котловин на территории Якутии // Общество. Среда. Развитие. СПб.: Астерион, 2011. – №4. – С. 227-230.
128. Нестерева М.И. Возникновение термокарстовых озер на территории Якутии // Молодой учёный. – Чита: Молодой учёный, 2012. – № 9. – С. 79-82.

129. Нестерева М. И. Характеристика озер Амгинского района по морфометрическим признакам / М. И. Нестерева // География: проблемы науки и образования: материалы ежегод. Междунар. науч.-практ. конф. LXV Герцен. чтения, посвящ. 215-летию Герцен. ун-та и 80-летию фак. географии (19-21 апр. 2012 г.). – СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2012. – С. 254-256
130. Нестерева М. И. Образование озер в устьевой части р. Лена / М. И. Нестерева, И. И. Жирков // География: инновации в науке и образовании : материалы ежегод. Междунар. науч.-практ. конф. LXVI Герцен. чтения, посвящ. 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского. – СПб, 2013. – С. 190-193.
131. Нестерева М.И. Озера Яно-Индигирской низменности//География: традиции и инновации в науке и образовании. Коллективная монография по материалам Международной научно-технической конференции LXVII Герценовские чтения 17-20 апреля 2014 г., посвящённой А.М. Архангельского. – СПб, 2014. – С.246-250.
132. Нестерева М.И., Жирков И.И., Жирков К.И., Трофимова Т.П. Происхождения и морфометрические характеристики исследованных озер приморской низменности Якутии//IV Международная конференция "Роль мерзлотных экосистем в изменяющемся климате. 5-8 августа 2014.
133. Нестерева М. И. Морфометрические показатели наиболее крупных и значимых озер Бурятии / М. И. Нестерева // Чита: Молодой ученый, 2014. - № 14. - С. 81-83.
134. Нестерева М.И., Павлова М.Р. Комплексное исследование озер расположенных в районе распространения эоловых песков (тукулан) левобережья р. Вилюй (на примере Кысыл-Сырских тукуланов)// Экология бассейна р. Вилюй, НИИПЭС. – Якутск, 2014.
135. Нестерева М.И. Транзитно-аккумуляционные особенности неизученных озер Якутии // Наука и образование, 2015. – №3(79). – С. 42-45.
136. А.М. Догановский, М.И. Нестерева. Водный баланс и внешний водообмен озер Якутии// Ученые записки. – СПб.: РГГМУ, 2015. – №3 (40). – С. 15-30.

137. Нестерева М.И. Гидрология подземных вод Кысыл-Сырских тукуланов // IV Всероссийский научный молодежный геокриологический форум. Якутск, 2015.
138. Нестерева М.И. Внешний водообмен и транзитно-аккумуляционные особенности озер Якутии // II Виноградовские чтения. – СПб, 2015. – С. 64-66.
139. Николаев А. Н., Федоров П. П. Влияние климатических факторов и термического режима мерзлотных почв Центральной Якутии на радиальный прирост лиственницы и сосны // Лесоведение. – Якутск: 2004. № 6. С. 51-55.
140. Николаев А.Н., Федоров А.Н., Угаров И.С., Торговкин Я.С., Ефремов П.В., Аргунов Р.Н. Влияние характера мерзлотных ландшафтов на рост лиственничных древостоев в Центральной Якутии // Вестник Северо-Восточного Федерального Университета им. М.К. Аммосова. – Т 8. – №1 2011. – Якутск: СВФУ им. М.К. Аммосова, 2011. – С. 22-28.
141. Озера различных ландшафтов Северо-Запада СССР. – Л.: 1969.
142. Опыт и проблемы агропромышленного использования озерного термокарста на Чукотке // Степанов А.Н. Проблемы осушения и сельскохозяйственного использования земель термокарстовых озер Чукотки. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1990. – С. 46-50.
143. Обручев С. В. Колымско-Индибирский край // Географический и геологический очерк. Ленинград, 1931. – 70 с.
144. Плащев А.В., Чекмарев В.А. Гидрография СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 288 с.
145. Павлов П.Д. Географическое распространение эоловых песков в Центральной Якутии // Эоловые образования в Центральной Якутии. Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН СССР, 1981. – С. 18-30.
146. Пестрякова Л.А. Диатомовые комплексы озер Якутии. – Якутск: Издательство ЯГУ, 2008. – 197 с.
147. Пестрякова Л. А., Харламьева П.И., Херцшух У. Биоиндикационная оценка некоторых озер Центральной Якутии // Наука и образование. – Якутск: Издательство Академия наук РС (Я), 2010, №2 (58). – С. 34-37

148. Пчелинцев А.М. Морфологическое описание термокарстового процесса в Якутии. – М.: АН СССР, 1946. – № 2. – 95-105.
149. Поздняков Л. К. Гидроклиматический режим лиственничных лесов Центральной Якутии. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 146.
150. Поздняков Л. К. Мерзлотное лесоведение. – Новосибирск: Наука, 1986. – 192 с.
151. Полищук В.Ю. Исследование статистических свойств пространственного распределения термокарстовых озер криолитозоны Западной Сибири на основе космических снимков // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – Калининград: БФУ им. И. Канта, 2011. – №1. – С. 25-28
152. Постников А.Н. Приближённый метод оценки испарения с озер и водохранилищ // Учёные записки. – СПб.: РГГМУ, 2014. – С. 22-29
153. Прыткова М.Я. Закономерности размещения и водообмена малых озер и малых водохранилищ // География и природные ресурсы. – 1987, № 3. – С. 96-100.
154. Прыткова М.Я. Гидрологический режим и заиление малых разнотипных водоемов Северо-Запада. – СПб.: Наука, 2011. – 200 с.
155. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.7. Лено-Индигирский район. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – Т.17. – 651с.
156. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
157. Романовский Н.Н. Эрозионно-термокарстовые котловины на севере приморских низменностей Якутии и Новосибирских островах//Мерзлотные исследования, вып. 1, М.: Изд-во МГУ, 1961, – С. 124-144.
158. Романовский Н.Н. Формирование полигонально-жильных структур. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1977. – 215 с.
159. Романовский Н.Н. Подземные воды криолитозоны. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 232 с.
160. Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 335 с.

161. Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Холодов А.Л. и др. Реконструкция палеогеографических условий шельфа моря Лаптевых для позднеплейстоцен-голоценового гляциоэвстатического цикла// Криосфера Земли, 1997. – Т.2. – №.2. – С. 42-49.
162. Россолимо Л.Л. Основы типизации озер и лимнологическое районирование // Накопление вещества в озерах. – М.: Наука, 1964. – С. 5-46.
163. Рянжин С.В. Новые оценки глобальной площади объема воды естественных озер Мира // Доклады АН, сер. География, 2000. – Т.400. – №6. – С. 808
164. Сало Ю.А., Потахин М.С., Толстиков А.В. Расчет средней глубины озер при отсутствии батиметрических данных на примере водоемов Карелии // География: Проблемы науки и образования. LXIII Герценовские чтения.– СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2010. – С. 410-413.
165. Саввинов Д.Д., Кусатов К.И., Мьяриянов Н.Р. Влагообеспеченность засушливых районов Якутии//Охрана природы Якутии. Материалы V республиканского совещания по охране природы Якутии. – Иркутск, 1971.
166. Саввинов Д.Д. Гидротермический режим почв в зоне многолетней мерзлоты. Сибирское отделение. – Новосибирск: Недра, 1976. – 250 с.
167. Саввинов Д.Д. Аласные экосистемы: Структура, функционирование, динамика/Д.Д.Саввинов, С.И. Миронова, Н.П. Босиков [и др.]. – Новосибирск: Наука, 2005. – 264 с.
168. Север Дальнего Востока: Акад. наук СССР, Северо-Вост. ин-т; (отв. ред. Н. А. Шило). – М.: Наука, 1970. – 488 с.
169. Смирнов Н.П., Малинин В.Н. Водный баланс атмосферы как гидрологическая задача. – Л.: ЛГУ 1988. – 200с.
170. Соловьев П.А. Аласные долины Якутии // Условия и особенности развития мерзлых толщ в Сибири и на Северо-Востоке. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1963. – С. 80-90.
171. Современное состояние водных объектов Республики Карелия / Отв. ред. Н. Н. Филатов, Т. П. Куликова, П. А. Лозовик. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1998. – 188 с.

172. Соколов А.А. Гидрография СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1952. – 287 с.
173. Соколовский Д.Л. Речной сток. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1968. – 538 с.
174. Слепцова Н.П., Иванов В.И. Тукуланы Тюнг-Джиппынского междуречья и их охрана // Вопросы географии Якутии. – Вып.9. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 2005. – С. 135-138.
175. Сивцева А.И., Мостахов С.Е., Дмитриева З.М. География Якутской АССР. – Якутск: кн. издательство, 1984. – 165 с.
176. Скрябин С.З., Павлов П.Д., Скрябина Е.А. Тукуланы – своеобразный ландшафт Центральной Якутии // Охрана природы Якутии. Материалы V республиканского совещания по охране природы Якутии. – Иркутск, 1971.
177. Соколов Б.Л. Гидрология рек криолитозоны – новый раздел гидрологии суши. – Проблемы современной гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1989, – С. 195-205.
178. Сорокин И.Н. Гидрология и морфометрия малых озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. – Л.: Наука, 1974. – С. 88-110.
179. Сорокин И.Н. Морфометрия озер и их внешний водообмен. Поступление и удержание вещества в озерах // Изменение в системе «водосбор-озеро» под влиянием антропогенного фактора. – Л.: Наука, 1983. – 234с.
180. Справочник по климату СССР. Выпуск 24, Якутская АССР. Часть II. Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1966. – 397с.
181. Субетто Д.А., Прыткова М.Я. Донные отложения разнотипных водоемов. Методы изучения. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. – 79 с.
182. Труш Н.И., Кондратьева К.А. Состав и свойства верхнеплейстоценовых отложений Яно-Индибирской приморской низменности // Вестник Московского университета. – М.: МГУ, 1975. – №5. – С. 72-86.

183. Толстихин О.Н. Природные условия: Подземные воды и гидрогеологическое районирование. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т.17: Лено-Индигирский район. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – С. 57-66.
184. Толстихин О.Н. Наледи и подземные воды Северо-Востока СССР. – Новосибирск: Наука, 1974. – 164 с.
185. Толстихин Н.И., Толстихин О.Н. Криогенез и водоносность гидрогеологических структур. – В кн.: Очерки по гидрогеологии Сибири: Материалы комиссии по изучению подземных вод Сибири и Дальнего Востока. Вып.6. – Новосибирск, 1974. – С. 21-29.
186. Трофимова Т.П., Жирков И.И. Сведения о расчетах загрязненности озерных вод бассейна р. Вилюй // Вопросы экологии и экологического образования в Якутии. – Якутск, 2001. – С.133-144.
187. Трофимова Т.П. Качество воды озер бассейна р. Лена // Экология и безопасность жизнедеятельности // Сб. матер. Междунар. научно-практической конф. – Пенза, 2004. – С.134-135.
188. Трофимова Т.П. Формирование гидрохимического состава разнотипных озер Центральной Якутии//Наука и образование.– Якутск: АН РС (Я), 2007. – № 4 (48). – С.131-133.
189. Трофимова Т.П. Эколого-гидрохимическое состояние озер Севера Якутии //Экология России: на пути к инновациям: межвузовский сборник научных трудов. – Вып.7. – Астрахань: Нижневолжский экоцентр, 2013. – С. 172-176.
190. Тяптиргянов М.М., Иванова В.Е., Ларионов Ю.П., Федорова Е.А. Пути повышения рыбопродуктивности в озерах заречья. Экологические проблемы заречья // Научно-практическая конференция с. Чурапча. – Якутск, 1994. – С. 83-86.
191. Толстяков Д.Н., Босиков Н.П. К вопросу расчёта количества подземного льда в районах распространения термокарстовых котловин // Вопросы геокриологии в трудах молодых учёных и специалистов. – Якутск: Институт Мерзлотоведения, 1976. – С. 126-141.
192. Уткин А. И. Леса Центральной Якутии. – М.: Наука, 1965. – 208 с.

193. Усов В.А. Многолетнемерзлые четвертичные отложения на территории Алдано-Чульманского угленосного района //Условия и особенности развития мёрзлых толщ в Сибири и на Северо-Востоке. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1963. – С. 76-79.
194. Фельдман Г.М. Термокарст и вечная мерзлота. – Новосибирск: Наука, 1984. – 359 с.
195. Фотиев С.М. Гидрогеотермические особенности криогенной области СССР. – М.: Наука, 1978. – 236 с.
196. Фотиев С.М. Подземные воды и мёрзлые породы Южно-Якутского угольного бассейна. – М.: Наука, 1965. – 230 с.
197. Фролов А.В. Моделирование многолетних колебаний уровня Каспийского моря: теория и приложения. – М.: ГЕОС, 2003. – 174с.
198. Хатчинсон Д. Лимнология. – М.: Прогресс, 1969. – 592 с.
199. Хрол В.П. Водный баланс северной полярной области. – СПб, Гидрометеоздат, 2000. – 142с.
200. Чижов А.Б., Труш Н.И., Оспенников Е.Н. Экзогенные геологические процессы явления района Южно-Якутского территориально производственного комплекса//Криогенные процессы. АН СССР Научный совет по криологии земли Сибирское отделение Институт мерзлотоведения. – М.: Наука, 1978. – С. 10-18.
201. Чистяков Г.Е., Ноговицын Д.Д., Якушев М.В. Гидроэнергетические ресурсы бассейна реки Яна. – М.: Наука, 1970. – 213 с.
202. Черняев А.М., Прохорова Н.Б. Водные ресурсы, их использование и охрана. – Екатеринбург: РосНИИВХ, 2002. – 300 с.
203. Чижов А.Б. Вопросы формирования подозерных таликов Яно-Индибирской низменности и смежных с ней территорий//Мерзлотные исследования. – Вып. 12. – М.: МГУ, 1972. – С. 85-90
204. Чистяков Г.Е. Водные ресурсы рек Якутии. – М.: Наука, 1964. – 255 С.
205. Чукленкова И.И. Морфологические исследования древнеледниковой морфоскульптуры. – М., Наука, 1982. – 205 с.

206. Шашко Д.И. Климатические условия земледелия Центральной Якутии. М., 1961. – 261с.
207. Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 304с.
208. Шепелёв В.В. Подземные воды тукуланов Центральной Якутии//Эоловые образования Центральной Якутии. – Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН СССР, 1981. – С. 30-40.
209. Шепелёв В.В., Ломовцева Н.С. Озера криолитозоны Бестяхской террасы р. Лены и их взаимосвязь с подземными водами // Тематические и региональные исследования мёрзлых толщ северной Евразии. – Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1981. – С. 106-115.
210. Шепелёв В.В.. Надмерзлотные воды криолитозоны. – Новосибирск: Академическое издательство "Гео", 2011. – 167 с.
211. Шикломанов И.А. Водные ресурсы России и их использование/ И.А. Шикломанов, В.И. Бабкин, И.А.Никифорова и др.; под ред. И. А. Шикломанова, Министерство природ. ресурсов и экологии РФ, Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федер. агентство водных ресурсов. – СПб: Государственный гидрологический институт, 2008. – 596с.
212. Шелудякова В.А. Луга и пастбища Центральной и Юго-Западной Якутии. – Якутск, 1959. – С. 5-19.
213. Шило Н.А. Геологическое строение и коренные источники Яно-Колымского пояса россыпной золотоносности/ Всесоюзный науч.-исслед. ин-т золота и редких металлов ВНИИ-1. Геология; – Вып.63. – Магадан, 1960. – 108с.
214. Шур Ю.Л. Термокарст (к теплофизическим основам учения о закономерностях развития процесса). – Москва: Недра, 1977. – 80 с.
215. Эдельштейн К.К. О соотношении показателей водообмена долинных водохранилищ // Водные ресурсы №6, 1981. – С. 70-75
216. Эдельштейн К.К. Водные массы долинных водохранилищ. – М.: изд-во МГУ, 1991. – 176 с.

217. Эдельштейн К.К. водохранилища России. Экологические проблемы, пути их решения. – М.: ГЕОС, 1998. – 277с.
218. Эдельштейн К.К. Гидрология озер и водохранилищ. – М: Перо, 2014. – 400с.
219. Herdendorf C.E. Large Lakes of the world//IAGLR Central Office, The University of Michigan. – V.8(3). – Michigan,1982.– P.379-412.
220. Hekanson L, Jansson M. Principles of Lake Sedimentology. – Berlin: Springer, 1983. – 316 p.
221. Ryzanin S.V., Straskraba M. Developing geographical information system GIS WORLDLAKE for limnological studies/submitted to Intern), 2001. – P. 25-28.
222. Ryzanin S.V. Size distribution of world lakes and rivers derived from WORLDLAKE database // 4th Intern. Lake Ladoga Sympos. – Joensuu: Joensuun Yliopisto, 2003. – P. 496-502.
223. Ksenofontova M.I, Kumke T., Pestryakova L.A., Hubberten H.W. Limnological characteristics of lakes in Central Yakutia. Deutsche Gesellschaft fur Limnologie (eds), Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft fur Limnologie. – Tagungsbericht Weisensee Verlag Berlin, 2007. – P. 151-155

Озера термокарстового происхождения

№	Название озера	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м	Площадь зеркала озера, км ²	Объем, км ³	Площадь водосбора, км ²	Удельный водосбор	Координаты
1	Ухарыкы	1,4	2,5	0,014	0,0000196	0,14	10,00	N62°26'49,57" E130°57'50,44"
2	Огус Харага	1,6	3	0,004	0,0000064	0,034	8,50	N62°50'12,67" E130°45'59,97"
3	Тымпы Баса	1,2	2,3	0,15	0,00018	1,44	9,60	N 62°47'24.81" E 130°43'47.72"
4	Хомустах	2,2	4,2	0,05	0,00011	1,05	21,00	N62°42'09,88" E130°51'50,50"
5	Тегерятте Дулгата	1,5	2,1	0,004	0,000006	0,01	2,50	N63°1'2,13" E130°46'24,00"
6	Тэкиидэ	1,3	2,1	0,04	0,000052	0,23	5,75	N62°59'11,5798" E130°41'45,05"
7	Куруку	1	2	0,58	0,00058	2,7	4,66	N63°07'34,29" E130°42'48,26"
8	Арга Тыймыттах	1	1,7	0,03	0,00003	1,38	46,00	N63°05'34,13" E130°41'57,89"
9	Куталах-2	1	2	0,05	0,00005	3,23	64,60	N62°54'57,09" E131°4'4,37"
10	Сырдах	4,8	13	1,67	0,008016	20,13	12,05	N62°10'42,92" E133°13'43,59"
11	Аргаа Кердюген	2,4	3,8	0,013	0,0000312	0,73	56,15	N62°23'28,22" E131°47'29,18"
12	Боччон	1,9	4	0,07	0,000133	1,03	14,71	N62°26'20,97" E131°37'03,03"
13	Диринг	3,2	7,2	0,06	0,000192	0,95	15,83	N62°26'43,50" E131°34'25,69"
14	Кюрюёлях	1	1,7	0,07	0,00007	1,93	27,57	N62°42'49,26" E130°59'01,06"
15	Уолбут	1,6	2,6	0,22	0,000352	1	4,55	N62°47'03,83" E130°43'34,97"
16	Тынга Юрях	1	1,7	0,89	0,00089	3	3,37	N62°33'24,63" E130°17'47,88"
17	Нелечех	1,34	2,6	0,0015	0,00000201	0,01	6,67	N62°32'30,55" E130°41'35,81"
18	Талах Ары	3	5,5	0,014	0,000042	0,1	7,14	N62°34'38,02" E130°50'02,03"
19	Аргаа Тыймыттах	1	1,7	0,03	0,00003	0,1	3,33	N63°05'34,13" E130°41'57,89"
20	Дирин	3,2	7,2	0,06	0,000192	0,211	3,52	N62°26'43,50" E131°34'25,69"
21	Хомустаах	2,2	4,2	0,05	0,00011	0,3	6,00	N62°42'09,88" E130°51'50,50"
22	Токур	1,3	3,3	0,003	0,0000039	0,0083	2,77	N62°52'33,71" E130°37'5,57"
23	Мюрю	1,72	7,7	12,9	0,022188	59	4,57	N62°39'34,19" E131°06'18,44"
24	Дюедя	1,3	1,8	0,0033	0,00000429	0,01	3,03	N63°04'45,01" E130°28'18,49"
25	Куталах-1	1,6	2,3	0,07	0,000112	0,21	3,00	N63°07'52,32" E130°28'50,49"
26	Тымпы	1,7	2,6	0,06	0,000102	0,2	3,33	N63°2'51,81" E130°28'48,87"
27	Юрюнг Сьюнюя	1	1,8	0,006	0,000006	0,013	2,17	N63°4'47,07" E130°30'42,89"
28	Ойгос	1	1,5	0,08	0,00008	0,23	2,88	N62°54'27,32" E131°02'42,47"

№	Название озера	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м	Площадь зеркала озера, км ²	Объем, км ³	Площадь водосбора, км ²	Удельный водосбор	Координаты
29	Моторин	1	1,5	0,04	0,00004	0,189	4,73	N63°4'00,07" E130°30'12,23"
30	Элэсин	1,5	3,5	0,97	0,001455	1,89	1,95	N63°03'06,18" E130°31'04,71"
31	Тэкэрэтгэ	1	2	0,52	0,00052	2,1	4,04	N63°00'46,27" E130°45'41,32"
32	Луку	1,2	2	0,83	0,000996	1,4	1,69	N63°03'58,71" E130°42'27,45"
33	Уотгах	1	2	0,31	0,00031	1,4	4,52	N63°02'21,76" E130°40'50,32"
34	Дабадыма	1,1	2	0,43	0,000473	2,1	4,88	N62°59'10,59 E130°39'12,98
35	Дюлган	1	1,2	0,55	0,00055	1,67	3,04	N 62°16'49.58"E 133°28'8.48"
36	Илин Лыбачаайы	1	2,05	0,06	0,00006	0,25	4,17	N62°1'33.21"E 132°14'10.56"
37	Боробул	1,3	2,4	0,47	0,000611	1,16	2,47	N 62°37'32.45"E 133°34'55.63"
38	Элэсин	1,2	2	0,11	0,000132	1,32	12,00	N 62°15'19.65"E 134°31'23.87"
39	Мемэн	1,31	2,55	0,47	0,0006157	1,16	2,47	N 62°9'24.93"E 134°16'21.61"
40	Тиргэлиир	1,5	2,2	0,013	0,0000195	0,04	3,08	N 62°25'39.07"E 132°56'13.03"
41	Диринг	1,5	2,9	0,24	0,00036	0,45	1,88	N 62°20'29.23"E 132°59'49.01"
42	Бырыылаах	1,9	3,2	0,25	0,000475	0,9	3,60	N 62°18'13.81"E 132°86'0.92"
43	Кымыс	1,1	2,45	0,007	0,0000077	0,081	11,57	N 62°25'47.33"E 132°49'58.14"
44	Сюля Бырыылага	1,6	3,7	0,05	0,00008	0,17	3,40	N 62°22'26.60"E 132°52'41.29"
45	Кенгюл Бырылаага	1,3	2,05	0,06	0,000078	0,31	5,17	N 62°23'59.26"E 132°52'24.76"
46	Еленнях	1	1,95	0,04	0,00004	0,037	0,93	N 62°00'36.18"E 132°33'05.17"
47	Хадаргаччи	1,3	2,75	0,23	0,000299	1	4,35	N 62°14'47.38"E 134°34'36.68"
48	Дьара	1,4	2,3	0,29	0,000406	1,36	4,69	N 62°06'43.32"E 134°18'36.03"
49	Кыйы	1,45	3	0,33	0,0004785	4,09	12,39	N 62°10'28.77"E 133°12'11.90"
50	Тууста	1	1,8	0,015	0,000015	0,05	3,33	E 133°35'11.54" N 62°37'39.41"
51	Хабык	1	1,55	0,06	0,00006	0,409	6,82	E 133°35'6.60" N 62°34'19.20"
52	Ойбон Кюель	1,1	2,15	0,39	0,000429	3,96	10,15	N 62°21'26.52"E 133°34'13.53"
53	Улахан Кюель (Туналыкы)	1,54	2,5	0,59	0,0009086	3	5,08	E 133°8'40.86" N 62°9'23.48"
54	Мологою	0,94	1,6	0,78	0,0007332	1,9	2,44	E 133°10'32.10" N 62°8'54.04"
55	Тэлэн	1,14	2,3	0,51	0,0005814	4,8	9,41	N62°37'41.12"E 133°35'6.60"
56	Хойуо(Эбэ)	1,5	3	1,02	0,00153	3,8	3,73	N61°23'46.44"E 131°02'18.16"
57	Тугулугта	1,3	2,5	0,46	0,000598	2,5	5,43	N61°24'49,55" E131°12'35,69"
58	Тэгэрэтгэ	1,1	2,5	0,17	0,000187	1,16	6,82	N61°27'41.83"E 131°12'45.04"
59	Аргаа	1	2,5	0,08	0,00008	0,28	3,50	N61°23'46.44"E 131°02'18.16"
60	Манчаарылаах	1	2,5	0,08	0,00008	0,56	7,00	N61°17'07,18" E131°13'52,47"
61	Юрюмедяй	1,3	4	0,07	0,000091	0,29	4,14	N61°23'46.44"E 131°02'18.16"
62	Боенго	1,7	3,5	0,09	0,000153	0,25	2,78	N61°13'41,62" E130°54'05,52"
63	Арыылаах	1,3	3,5	0,12	0,000156	1,32	11,00	N61°11'07.94"E 130°55'00.60"
64	Ынах Кюеля	1	1,7	0,16	0,00016	1,5	9,38	N61°25'55.55"E 131°46'05.39"
65	Биэкинэ	1,3	3	0,15	0,000195	1	6,67	N61°30'57.49"E 131°42'30.59"

№	Название озера	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м	Площадь зеркала озера, км ²	Объем, км ³	Площадь водосбора, км ²	Удельный водосбор	Координаты
66	Биэкинэ 1	1,3	2,5	0,1	0,00013	0,28	2,80	N61°23'46.44"E 131°02'18.16"
67	Уоттаах	1	2,8	0,003	0,000003	0,015	5,00	N61°27'36.67"E 131°31'04.35"
68	Осох	1	1,9	0,02	0,00002	0,11	5,50	N61°27'46.27"E 131°28'50.30"
69	Санга-Кюель 2	1	2,2	0,09	0,00009	0,18	2,00	N61°24'46.60"E 131°31'23.55"
70	Албыннаабыт	1,3	2,6	0,07	0,000091	0,87	12,43	N61°05'25.74"E 132°20'54.80"
71	Емельяновка	1	2,6	0,07	0,00007	0,34	4,86	N61°03'50.15"E 132°18'45.65"
72	Уйалаах	1	2,7	0,007	0,000007	0,05	7,14	N61°05'48.67"E 132°23'41.04"
73	Тураннаах	3	5,2	0,003	0,000009	0,03	10,00	N61°04'03.92"E 132°23'53.40"
74	Алтын-Ымыя	1	3,4	0,04	0,00004	0,1	2,50	N61°04'43.04"E 132°23'24.36"
75	Манхаасыйдаах	1	1,9	0,06	0,00006	0,47	7,83	N60°56'16.79"E 132°09'04.42"
76	Санга-Кюель	1	1,6	0,03	0,00003	0,2	6,67	N60°56'10.13"E 132°10'16.46"
77	Майдачан	1	1,3	0,24	0,00024	1	4,17	N61°35'07,76" E131°25'20,04"
78	Ламы	1	1,8	0,2	0,0002	1,09	5,45	N61°34'29.72"E 131°25'14.42"
79	Кыака	1,4	2,1	0,06	0,000084	0,3	5,00	N61°32'19.11"E 131°38'48.92"
80	Лампа	1	1,4	0,16	0,00016	0,62	3,88	N61°35'21.48"E 131°35'03.98"
81	Чыраайы	1,1	2,6	0,19	0,000209	0,75	3,95	N61°22'34,58" E131°06'45,93"
82	Куду	1	1,3	0,2	0,0002	1,8	9,00	N61°22'25,29" E131°11'42,91"
83	Хангас Алас	1,2	2,2	0,05	0,00006	0,26	5,20	N61°22'47,21" E131°08'52,74"
84	Манчья	3,65	7,6	0,3	0,001095	0,8	2,67	N 62°00'16,07" E 129°59'00,26"
85	Хотун Манчья	3,65	7,8	0,78	0,002847	5,2	6,67	N 61°59'36,23" E 130°00'48,48"
86	Тойон Манчья	2,32	2,8	0,21	0,0004872	1,2	5,71	N 61°59'52,85" E 130°02'11,45"
87	Табага	1	1,4	1,65	0,00165	14,20	8,61	N61°39'44,73" E131°00'40,59"
88	Ытык-Кюель	4,1	17,3	0,09	0,000369	1	11,11	N 61°40'39,04" E130°00'01,89"
89	Майя	1,3	3,05	2,52	0,003276	9	3,57	N 61°44'11,43" E 130°14'28,66"
90	Нэммэрэ	1,3	3,4	0,55	0,000715	2,4	4,36	N62°09'03,28" E130°46'14,19"
91	Сегелей	1,5	4,3	4,25	0,006375	31	7,29	N 62°12'21,11" E130°43'14,85"
92	Арыылаах	1	2	0,79	0,00079	4,4	5,57	N 61°54'19,83" E 130°36'45,91"
93	Менкю	1,5	2,5	0,018	0,000027	0,11	6,11	N62°11'02,87" E130°45'22,61"
94	Хатылыма	1	2	2,9	0,0029	9,75	3,36	N 61°32'00,57" 129°52'25,83"
95	Элэсин	1,8	2	0,21	0,000378	1,3	6,19	N 61°48'32,59" E 130°42'29,24"
96	Улах	2,7	7,3	0,006	0,0000162	0,045	7,50	N 61°49'32,99" E130°42'24,25"
97	Улахан-Кюель	1,3	2,15	0,18	0,000234	1	5,56	N 61°34'24,71" E 30°45'09,92"
98	Чюйэ	1	2,5	0,62	0,00062	6,03	9,73	N61°43'09,00" E130°22'37,77"
99	Озеро Белейкен	3,56	4,8	0,36	0,0012816	1,93	5,36	N 61°58'44,91" E 129°57'19,73"
100	Диринг кюель	1,62	2,4	0,3	0,000486	3,2	10,67	N 61°56'14,95" E129°56'33,28"
101	Чай Кюель	1,9	2,9	0,35	0,000665	1,69	4,83	N62°00'52,13" E130°03'52,50"
102	Абалаах	1,7	2,5	9,7	0,01649	100	10,31	N 61°40'43,41" E 131°09'44,16"

<i>№</i>	<i>Название озера</i>	<i>Средняя глубина, м</i>	<i>Максимальная глубина, м</i>	<i>Площадь зеркала озера, км²</i>	<i>Объем, км³</i>	<i>Площадь водосбора, км²</i>	<i>Удельный водосбор</i>	<i>Координаты</i>
103	Кюля	1	1,1	0,0016	0,0000016	0,0015	0,94	N 61°59'04,36" E130°34'41,43"
104	Озеро Бердигестях-1	1	2	0,123	0,000123	0,26	2,11	N62°02'54,35" E130°37'16,77"
105	Водохранилище Куоллара	1,1	2,7	0,37	0,000407	0,461	1,25	N 61°50'49,48" E130°31'26,76"
106	Кюрдэх	1,4	3	0,23	0,000322	1	4,35	N 61°38'38,97" E 131°22'03,45"
107	Бюер	1	2	0,27	0,00027	2,1	7,78	N 61°37'28,54" E 131°21'32,62"
108	Озеро Токур-Дулга	1	2,2	0,052	0,000052	0,34	6,54	N 61°48'44,62" E130°17'27,55"
109	Бердигестях-2	1,58	2,8	1,36	0,0021488	7,57	5,57	N 61°46'42,82" E 130°22'35,92"
110	Букам	1,5	3,1	0,01	0,000015	0,076	7,60	N 61°42'44,69" E130°21'49,57"
111	Аралах	1	2	0,79	0,00079	3,07	3,89	N61°19'12.35" E 130°18'28.46"
112	Юрэх-Кёрэ	1,27	2,5	0,343	0,00043561	1,812	5,28	N61°48'32,94" E132°24'32,33"
113	Эбэ	2,02	3,9	0,881	0,00177962	3,5	3,97	N 62°0'26.75" E 132°28'33.83"
114	Чэччимэ	1,5	3,5	0,32	0,00048	3,25	10,16	N 62°50'45.98" E 132°12'39.05"
115	Диринг	1,9	3,5	0,25	0,000475	2,77	11,08	N61°50'23,34" E132°05'26,63"
116	Лыбынтах	6,16	13	0,22	0,0013552	0,256	1,16	N61°58'26,10" E131°52'46,76"
117	Илин-Дьюгюдэй	1,4	1,8	0,02	0,000028	0,16	8,00	N61°43'03,58" E131°56'09,66"
118	Диринг-Кюель	3,15	6,3	0,12	0,000378	1,06	8,83	N 62°15'13.90" E 132°19'29.38"
119	Кюгюню-Суут	1,12	2,1	0,009	0,00001008	0,023	2,56	N62°21'53,43" E132°34'24,99"
120	Будур	1,68	2,4	0,034	0,00005712	0,18	5,29	N62°21'40,91" E132°41'12,28"
121	Ураса Кэннэ	1,6	2	0,011	0,0000176	0,027	2,45	E 132°28'33.83" N 62°0'26.75"
122	Монастырское	1,6	4,3	0,1	0,00016	0,27	2,70	E 129°09'26.71" N 61°29'08.04"
123	Западное	2,2	4	0,016	0,0000352	0,09	5,63	E 129°08'25.36" N 61°29'20.72"
124	Алаас Кюеля	1	2,6	0,053	0,000053	0,177	3,34	E 129°6'2.47" N61°28'29.49"
125	Южное	2,1	4,2	0,025	0,0000525	0,08	3,20	E 137°21'16" N 70°44'38"
126	Кептин	1	1,7	1,87	0,00187	8,91	4,76	E 124°27'26.08" N 62°21'35.30"
127	Нелегер	1	1,2	0,05	0,00005	0,48	9,60	E 125°44'33.91" N 61°59'10.89"
128	Ойбон-Кюель	1,5	2,6	0,24	0,00036	1,16	4,83	E 126°32'09.48" N 62°53'28.95"
129	Эбэ	1	1,3	0,82	0,00082	8,91	10,87	E 120°08'50.20" N 64°37'34.25"
130	Андында	1	2	0,54	0,00054	3,52	6,52	E 120°15'53.12" N 64°33'11.13"
131	Люнке	7,2	18,4	0,05	0,00036	0,21	4,20	E 121°03'24.42" N 64°35'46.72"
132	Джухая	1	1,8	0,39	0,00039	1,68	4,31	E 121°02'21.02" N 64°32'29.24"
133	Кюбяингде	1	3	0,09	0,00009	0,3	3,33	E 122°15'40.87" N 64°30'10.65"
134	Балагат	1	1,1	0,51	0,00051	1,4	2,75	E 120°58'07.76" N 64°48'58.33"
135	Арга Молуда	1,3	2,3	0,43	0,000559	1,19	2,77	E 120°59'25.97" N 64°51'16.31"
136	Боллохтоох	1	1,9	0,037	0,000037	0,27	7,30	E 124°33'9.68" N 62°41'6.62"
137	Мунг Кюеля	1,2	2,4	0,034	0,0000408	0,21	6,18	E 124°37'30.47" N 62°39'35.27"
138	Арга Кюель	1	1,4	0,26	0,00026	1,6	6,15	E 123°4'30.10" N 63°35'24.43"
139	Екюндю (Эбэ)	1	1,8	0,53	0,00053	2,9	5,47	E 122°10'7.16" N 63°47'6.78"

<i>№</i>	<i>Название озера</i>	<i>Средняя глубина, м</i>	<i>Максимальная глубина, м</i>	<i>Площадь зеркала озера, км2</i>	<i>Объем, км3</i>	<i>Площадь водосбора, км2</i>	<i>Удельный водосбор</i>	<i>Координаты</i>
140	Бэти	1	1,5	1,19	0,00119	7,01	5,89	E 122°43'26.95" N 64°28'11.40"
141	Сатагай	1	1,5	3,25	0,00325	23	7,08	E 122°42'52.34" N 64°28'11.40"
142	Алысардах	1,43	3,4	0,225	0,00032175	1,86	8,27	E 124°58'30.53" N 63°45'33.65"
143	Эбэ (Люксюгон)	0,9	1,9	3,31	0,002979	35,5	10,73	E 124°57'14.52" N 63°42'58.33"
144	Бысыттаx	1,5	2,9	3,39	0,005085	51	15,04	E 122°11'21.32" N 64°24'55.18"
145	Чинекит(Эбэ)	1	1,8	0,45	0,00045	3,97	8,82	E 121°59'12.10" N 63°42'8.29"
146	Ондунча	1,5	4,1	16	0,024		0,00	E 122°12'57.33" N 64°20'24.50"
147	Юрэн (Быкылаах)	1,3	2,4	0,52	0,000676	4,22	8,12	E 121°54'43.90" N 63°42'36.71"
148	Улахан_Элгээн	1	2,5	0,33	0,00033	2,11	6,39	E 120°32'37.23" N 63°31'58.31"
149	Аччыгыг Элгээн	1,4	2,1	0,08	0,000112	0,98	12,25	E 120°35'12.19" N 63°32'13.73"
150	Муосааны	1,1	2,5	0,17	0,000187	2,07	12,18	E 119°45'23.29" N 64°9'9.97"
151	Акчала	1,4	2,3	0,48	0,000672	2,71	5,65	E 119°46'25.38" N 64°07'25.38"
152	Буочча Бэрэтэ	1,2	2,4	0,052	0,0000624	1,05	20,19	E 119°49'53.76" N 64°06'47.50"
153	Эбэ (Арбагастаах)	1	1,8	0,86	0,00086	4,45	5,17	E 121°14'25.12" N 63°0'37.55"
154	Курухаан	1	1,2	1,2	0,0012	8,7	7,25	E 120°16'53.08" N 63°51'44.02"
155	Сунтаат	1	1,4	1,2	0,0012	6,11	5,09	E 120°16'6.11" N 63°52'56.82"
156	Улгумда	1	1,2	0,042	0,000042	0,4	9,52	E 120°18'23.12" N 63°52'12.35"
157	Улахан Чинэки	1,3	2,3	0,41	0,000533	4,9	11,95	E 120°20'51.22" N 63°54'41.48"
158	Хомустаах	1	2	2	0,002	11,8	5,90	E 120°46'33.73" N 63°42'27.78"
159	Тюельбе	1,48	9	0,84	0,0012432	13,2	15,71	E 119°59'57.86" N 63°30'35.74"
160	Эбэ	1,1	2	0,1	0,00011	0,9	9,00	E 120°07'39.87" N 63°26'42.54"
161	Харыялах	1	1,8	0,04	0,00004	0,43	10,75	E 120°09'47.02" N 63°28'38.81"
162	Харданг-Оттох	1,1	3	0,77	0,000847	7,1	9,22	E 120°12'46.29" N 63°27'05.10"
163	Сыралта	1	1,3	0,056	0,000056	0,68	12,14	E 120°08'36.95" N 63°28'14.57"
164	Кулусуннах	1,3	3,1	0,09	0,000117	0,76	8,44	E 120°12'39.28" N 63°27'05.10"
165	Матый	1	1,5	0,15	0,00015	0,8	5,33	E 120°17'30.64" N 64°06'27.72"
166	Кюбенгде	1	1,1	0,36	0,00036	3,69	10,25	E 120°20'10.28" N 64°06'39.87"
167	Тебюрен	1	1,6	0,28	0,00028	2,3	8,21	E 120°03'32.52" N 63°50'42.46"
168	Буорахан	1,06	1,8	0,07	0,0000742	0,4	5,71	E 119°52'05.34" N 63°47'43.77"
169	Даркылаах	1	1,5	0,125	0,000125	0,97	7,76	E 119°46'57.91" N 63°42'24.19"
170	Улахан Сээт (Эбэ)	1,3	2,4	0,97	0,001261	5,51	5,68	E 120°54'25.82" N 63°08'37.94"
171	Даркылаах	1	1,2	0,008	0,000008	0,083	10,38	E 119°57'24.54" N 63°47'54.20"
172	Оросу	1	1,1	1,77	0,00177	11	6,21	E 120°44'16.36" N 63°30'31.08"
173	Тонгус- Кюель	1	0,8	0,36	0,00036	4	11,11	E 120°57'28.47" N 62°32'16.12"
174	Дженкюндя	2	3,3	33,77	0,06754	354,9	10,51	N63°33'41,02" E118°58'45,07"
175	Юрен	1,3	2,3	0,22	0,000286	1,9	8,64	N62°10'21,74" E116°12'15,76"
176	Дикимдя	2,1	3,15	1,48	0,003108	18,3	12,36	N62°09'28,94" E116°12'28,74"

<i>№</i>	<i>Название озера</i>	<i>Средняя глубина, м</i>	<i>Максимальная глубина, м</i>	<i>Площадь зеркала озера, км²</i>	<i>Объем, км³</i>	<i>Площадь водосбора, км²</i>	<i>Удельный водосбор</i>	<i>Координаты</i>
177	Дюедя	1,21	2,1	0,04	0,000484	0,33	8,25	N62°05'28,92" E116°22'22,59"
178	Диринг Атах	1,4	2	1,24	0,001736	4,9	3,95	E 116°49'43.78" N 62°22'25.74"
179	Озеро Нягачы	1,5	2,8	0,07	0,000105	0,23	3,29	N 61°21'59,89" E 130°41'09,82"
180	Ханьны Улаах	1,5	2,1	0,14	0,00021	1,3	9,29	N62°16'02,24" E116°28'03,12"
181	Арангастаах	1,8	3,9	1,25	0,00225	6,4	5,12	N62°41'28,98" E116°38'35,41"
182	Сахаар Кюеля	1,6	2,3	0,32	0,000512	1,7	5,31	N62°16'53,13" E116°28'47,00"
183	Сайылык Кюеля	4,5	9,3	0,084	0,000378	0,4	4,76	E 118°15'9.16" N 63°40'18.67"
191	Бойуот	1,2	1,85	0,08	0,000096	0,64	8,00	E 116°59'45.69" N 62°21'24.97"
185	Хатыы	1,2	2,1	0,16	0,000192	1,01	6,31	E 116°59'44.45" N 62°21'24.40"
186	Ньимискэннээх	0,8	1,8	3,57	0,002856	28	7,84	N62°20'13,28" E116°55'05,93"
187	Сюля	1,3	2,1	0,3	0,00039	1,23	4,10	E 116°50'57.93" N 62°19'35.39"
188	Оскуала Анна	1	1,7	0,01	0,00001	0,028	2,80	N61°58'47,23" E116°10'00,55"
189	Ходуса Кюля	1	1,7	0,02	0,00002	0,1	5,00	E 116°58'14.23" N 62°15'36.91"
190	Муосааны	1,4	2,4	1,48	0,002072	9,8	6,62	E 118°49'11.59" N 63°36'41.36"
191	Дьаппыда	1,8	2,5	1,52	0,002736	5,9	3,88	E 116°52'49.79" N 62°24'36.62"
192	Сайылык	1,6	2,3	0,22	0,000352	1,6	7,27	E 116°54'12.29" N 62°25'32.99"
193	Чаппанда	1,5	2,8	2,56	0,00384	20	7,81	E 116°49'43.78" N 62°22'25.74"
194	Эбэ	1	4	0,62	0,00062	6,3	10,16	N62°10'42,22" E116°13'42,28"
195	Аччыгый Эбэ	2	3,15	0,2	0,0004	0,9	4,50	N62°10'21,74" E116°12'15,76"
196	Сирэйдээх Эбэ	1,3	2,1	0,61	0,000793	1,9	3,11	N62°09'28,94" E116°12'28,74"
197	Хампах	1,45	1,45	0,24	0,000348	2,14	8,92	N62°11'28,00" E116°14'18,62"
198	Бэс Кюель ал	1	1,3	0,01	0,00001	0,073	7,30	E 117°37'18.08" N62°48'19.05"
199	Бэс Кюель	1	1,8	0,031	0,000031	0,32	10,32	E 117°35'56.51" N62°53'5.61"
200	Диринг Алынгах	1	1,75	0,0056	0,0000056	0,081	14,46	E 117°46'23.14" N62°46'33.94"
201	Дэлби	1,07	2,5	0,0028	0,000002996	0,03	10,71	E 117°45'10.22" N62°44'44.76"
202	Еленг	2,1	3,7	0,009	0,0000189	0,077	8,56	E 117°22'22.01" N62°37'44.52"
203	Кенехтях	1	1,8	0,14	0,00014	1,5	10,71	E 116°13'47.93" N62°08'39.01"
204	Курсан	0,7	1,9	0,22	0,000154	1,8	8,18	E 117°37'18.08" N62°48'19.05"
205	Аччыгый Кюель	0,48	1,2	0,5	0,00024	3,41	6,82	E 117°40'44.49" N62°21'4.90"
206	Кэлтэгэй	1,25	1,6	0,16	0,0002	1	6,25	E 117°30'42.57" N62°59'49.87"
207	Кюкяй	1,63	2,1	11,22	0,0182886	88,76	7,91	E 117°45'7.75" N62°45'54.35"
208	Нухачык	1,18	2,1	0,22	0,0002596	1,7	7,73	E 116°58'46.39" N62°23'46.11"
209	Солтор	0,42	1,7	0,3	0,0001	0,09	5,7	E 117°33'23.86" N62°52'28.77"
210	Ойбон Кюель	1	2,2	0,0022	0,0000022	0,018	8,18	E 117°37'18.08" N62°48'19.05"
211	Тэллэй	1	1,5	0,0045	0,0000045	0,04	8,89	E 117°37'52.69" N62°47'12.38"
212	Первое	2,1	5,1	0,33	0,000693	1,27	3,85	E 136°52'23" N 70°50'70"
213	Третье	1	2,2	0,17	0,00017	0,53	3,12	E 136°48'12" N 70°49'0.17"

<i>№</i>	<i>Название озера</i>	<i>Средняя глубина, м</i>	<i>Максимальная глубина, м</i>	<i>Площадь зеркала озера, км²</i>	<i>Объем, км³</i>	<i>Площадь водосбора, км²</i>	<i>Удельный водосбор</i>	<i>Координаты</i>
214	Четвертое	1,5	3,9	0,12	0,00018	0,88	7,33	E 136°11'40.53'' N 70°43'40.45''
215	Восьмое	1,1	2,1	0,03	0,000033	0,21	7,00	E 135°34'8.88'' N 71°08'16.6''
216	Девятое	2,4	6,1	0,3	0,00072	0,63	2,10	E 135°25'45.88'' N 71°11'32.55''
217	Десятое	1,1	2,3	0,28	0,000308	1,45	5,18	E 135°25'10.96'' N 71°11'1.96''
218	Пятое	1,2	3,1	0,05	0,00006	0,32	6,40	E 137°21'16'' N 70°44'38''
219	Шестое	1,2	3,3	0,9	0,00108	0,26	0,29	E 135°33'46'' N 71°8'34''
220	Быранатгалаах	1,7	4,2	2,86	0,004862	8,82	3,08	E 137°21'16'' N 70°44'38''
221	Лахальды	1,59	2,7	0,433	0,00068847	1,27	2,93	N61°59'38,79" E132°37'09,27"
222	Уотгаах	2	1,4	0,31	0,00062	0,08	0,26	N63°02'21,76" E130°40'50,32"
223	Озеро Ханыхах	1,6	2,75	0,12	0,000192	1,15	9,58	N63°23'12,12" E130°56'20,83"
224	Озеро Ченкей	1,5	2,9	0,26	0,00039	2	7,69	N63°21'43,06" E130°54'20,80"
225	Озеро Сайылык	1,1	1,9	0,41	0,000451	1,89	4,61	N63°07'59,37" E130°40'22,31"
226	Бердигестях-1	1	1,8	0,26	0,00026	1	3,85	N 61°50'49,48" E130°31'26,76"
227	Бюер	1	2	0,29	0,00029	0,7	2,41	N 61°48'44,62" E130°17'27,55"
228	Токур Дулга	1	2,2	0,05	0,00005	0,153	3,06	N 61°46'42,82" E 130°22'35,92"
229	Бердигестях 2	1,5	2,8	1,36	0,00204	4	2,94	N 61°50'47,61" E 130°31'25,8 1"
230	Озеро Дюечереге	1,7	2,8	0,13	0,000221	0,38	2,92	N 61°21'44,60" E130°53'35,17"
231	Букаам	1,5	3,1	0,01	0,000015	0,02	2,00	N 61°42'44,69" E130°21'49,57"

Озера водно-эрозионного происхождения

№	Название озера	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м	Площадь зеркала озера, км ²	Объем, км ³	Площадь водосбора, км ²	Удельный водосбор	Координаты
1	Усун Кюель	1,4	6	0,38	0,00053	9,11	23,9737	N62°52'06,95" E130°51'15,46"
2	Арыылаах	1,7	3,5	0,47	0,0008	5,4	11,4894	N62°26'48,63" E130°59'01,73"
3	Уорга	1,2	2,1	0,05	0,00006	1	20	N62°37'41.12"E 133°35'6.60"
4	Чэмнэйи	1,4	3	0,81	0,01	2,31	2,85185	N 62°14'20.23"E 134°36'52.63"
5	Хомустаах	1,2	3	0,31	0,00037	1,98	6,3871	N61°19'12.35"E 130°18'28.46"
6	Халкыыда	1,7	2,2	0,12	0,0002	1,2	10	N61°05'52,26" E132°25'36,25"
7	Табалаах	0,9	3	0,13	0,00012	1,1	8,46154	N61°05'45.89"E 132°25'39.43"
8	Ул.Халкыыда	1,4	2,9	0,08	0,00011	1,2	15	N61°04'34,71" E132°25'49,84"
9	Амбар	1,1	2	0,01	1,1E-05	0,21	21	N61°23'23,96" E130°51'42,65"
10	Ымыяхтах	1	2,3	0,01	0,00001	0,11	11	N60°25'09,78" E130°41'50,32"
11	Кюбэйи	1,4	2,5	0,46	0,00064	8,4	18,2609	N60°50'43,81" E131°47'38,24"
12	Холкуя	0,9	2	0,74	0,00067	12	16,2162	N60°39'36.01"E 131°33'39.96"
13	Куталаах	1,1	3	0,19	0,00021	1,33	7	N60°31'14.26"E 131°27'19.11"
14	Диринг Кюель	1,1	3	0,05	5,5E-05	0,84	16,8	N61°13'00.31"E 132°44'03.48"
15	Окумал	0,9	2,5	0,07	6,3E-05	1,54	22	N61°13'48.05"E 132°42'58.58"
16	Сюдэйи	1,7	3	0,09	0,00015	1,12	12,4444	N61°15'34,46" E132°43'11,99"
17	Ул.Бодоно	1,7	3	0,17	0,00029	3,1	18,2353	N61°17'36,80" E132°43'26,44"
18	Кыра Бодоно	1	2	0,17	0,00017	3,2	18,8235	N61°18'11,46" E132°43'55,19"
19	Тураннах	1,2	4	0,17	0,0002	5,81	34,1765	N61°23'46.44"E 131°02'18.16"
20	Могтохой	0,8	2	0,4	0,00032	15	37,5	N60°55'44.30"E 132°08'54.92"
21	Умсааннах	1,2	4	0,24	0,00029	2,61	10,875	N60°54'05.58"E 132°08'10.80"
22	Усун Кюель-1	1,7	2,9	0,2	0,00034	10,12	50,6	N61°02'05,73" E132°19'42,00"
23	Кулусуннаах	1	2,5	0,32	0,00032	3	9,375	N60°55'44.30"E 132°08'54.92"
24	Нэлэгэр	1	3	0,39	0,00039	4	10,2564	N60°04'38.47"E 132°55'41.04"
25	Ирэйи	0,7	3	0,06	4,2E-05	5	83,3333	N61°18'01.52"E 131°49'33.91"
26	Хампа	1,1	3	0,4	0,00044	1,83	4,575	N60°55'44.30"E 132°08'54.92"
27	Тонус Кыга	0,9	1,8	0,2	0,00018	1,3	6,5	N61°15'36,95" E132°40'10,46"
28	Ойбон Кюель	0,9	2,5	0,09	8,1E-05	2	22,2222	N61°11'14.16"E 132°38'46.68"
29	Усун Кюель	0,8	2,4	0,2	0,00016	3,4	17	N61°12'48,62" E132°42'26,85"
30	Куталаах	1	2,5	0,1	0,0001	1,96	19,6	N61°11'49.98"E 132°39'45.28"
31	Элгэня	0,9	1,9	0,16	0,00014	1,8	11,25	N63°48'32.68"E 122°14'24.21"
32	Сырдаах	0,8	3	0,05	0,00004	2,5	50	N60°55'44.30"E 132°08'54.92"
33	Харчылаах	1,3	2,5	0,2	0,00026	1,65	8,25	N61°08'47,14" E132°33'52,45"

№	Название озера	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м	Площадь зеркала озера, км ²	Объем, км ³	Площадь водосбора, км ²	Удельный водосбор	Координаты
34	Хомустаах кюель	1,25	2	0,34	0,00043	6	17,6471	N61°05'54,13" E132°27'09,17"
35	Хомустаах	1,1	1,9	0,15	0,00017	5,2	34,6667	N61°19'58,80" E130°49'04,06"
36	Усун Кюель	1,4	6	0,38	0,00053	4,71	12,3947	N62°52'06,95" E130°51'15,46"
37	Дабадыма	1	2	0,43	0,00043	11,5	26,7442	N62°59'10,59 E130°39'12,98
39	Кюель-Кёхсё	1	1,6	0,17	0,00017	1,32	7,76471	N61°11'53,99" E132°36'26,45"
40	Сыс-Кюель-1-е	1	1,9	0,05	0,00005	0,5	10	N61°03'52,56" E130°45'38,06"
41	Нирьмады	1,3	1,8	0,9	0,00117	7,4	8,22222	N61°28'47,89" E 132°55'14.39"
42	Улахан Эбэ	0,8	2	0,8	0,00064	11,38	14,225	N61°33'36.08" E 132°55'34.80"
43	Сыс-Кюель-2-е	1	1,5	0,025	2,5E-05	0,2	8	N61°04'31,84" E130°55'40,15"
44	Токур Дулга	1	2,2	0,05	0,00005	0,7	14	N 61°46'42,82" E 130°22'35,92"
45	Ыгык Кюель	0,5	1,9	0,02	0,00001	0,87	43,5	N61°55'40.50" E 133°44'45.51"
46	Бэрэ	1,1	2,5	1,73	0,0019	13,87	8,01734	N 62°3'8.04" E 132°21'13.21"
47	Лыпчан	1,22	1,8	0,08	9,8E-05	2,8	35	N 62°0'26.75" E 132°28'33.83"
48	Харбачаайы	1,33	2,85	0,06	8E-05	0,89	14,8333	N 62°59'24.37" E 132°35'6.4"
49	Ойбон-Кюель	1,09	2	0,2	0,00022	1,53	7,65	N62°10'15,44" E132°09'22,92"
50	Кюбдя	0,8	1,4	0,6	0,00048	3,3	5,5	N 62°0'26.75" E 132°28'33.83"
51	Бэс-Кюель	1,4	5,2	0,05	0,00007	0,65	13	N 62°0'26.75" E 132°28'33.83"
52	Балтара	3	6,2	0,01	0,00003	0,19	19	N 62°26'39.91" E 123°18'41.68"
53	Ыгык-Эбэ	1	1,6	0,1	0,0001	1,08	10,8	N 62°27'32.21" E 123°22'24.77"
54	Кылах	0,9	1,8	0,14	0,00013	2,7	19,2857	N 62°36'01.63" E 126°51'16.27"
55	Аччыгый Алас	0,9	1,6	0,21	0,00019	3,88	18,4762	N 62°22'22.30" E 126°36'19.50"
56	Ус Балаган	1,7	2,7	0,64	0,00109	24,6	38,4375	N 63°13'00.64" E 120°11'49.57"
57	Туора Эльгээн	1,5	2,9	0,34	0,00051	15	44,1176	N 63°33'09.29" E 120°14'07.96"
58	Булгунняхтах	0,7	1,8	1,73	0,00121	23	13,2948	N 63°51'25.24" E 123°33'37.75"
59	Кюндя	1,8	3,8	0,033	5,9E-05	1	30,303	N 62°0'26.75" E 123°28'33.83"
60	Басарагас	1,1	3,15	0,012	1,3E-05	0,24	20	N62°48'19.05" E 117°37'18.08"
61	Кутана	1	1,75	0,29	0,00029	5,5	18,9655	N62°42'26.00" E 117°34'5.27"
62	Сунгар	0,72	1,4	1,4	0,00101	15	10,7143	N62°9'24.06" E 117°37'21.79"
63	Уолбут	0,82	1,8	0,11	9E-05	2	18,1818	N62°53'34.90" E 117°27'49.54"
64	Чумуку	2,2	5,25	0,025	5,5E-05	0,071	2,84	N62°49'38.10" E 117°20'57.96"
65	Энэбил	0,75	1,9	0,121	9,1E-05	1,8	14,876	N62°0'56.62" E 117°32'1.67"
66	Большое	1,7	3,2	0,675	0,00115	11,6	17,1852	N63°15'59.55" E 142°13'57.39"
67	Кыра Турангнаах	1,19	2,1	0,048	5,7E-05	1,43	29,7917	N63°18'38.58" E 142°10'6.58"
68	Орто-Кюель	1,49	2,6	0,062	9,2E-05	0,9	14,5161	N63°21'8.77" E 142°6'49.13"
69	Тебюрен	1,1	2,7	0,05	5,3E-05	1,04	20,8	N63°18'13.18" E 142°10'13.68"
70	Улахан Турангнаах	1,52	2,6	0,087	0,00013	1,6	18,3908	N63°19'49.47" E 142°3'0.48"

Озера эрозионно-термокарстового происхождения

№	Название озера	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м	Площадь зеркала озера, км ²	Объем, км ³	Площадь водосбора, км ²	Удельный водосбор	Координаты
1	Белое	2,89	6,5	0,64	0,00185	12,5	19,53125	↖N62°10'05,34" E129°48'18,24"
2	Сайсар	2,15	6	0,35	0,000753	7,8	22,28571	↖N62°01'02,09" E129°41'33,04"
3	Быллар	2,9	4	0,014	4,06E-05	0,1	7,142857	N62°44'11,25" E130°26'29,82"
4	Хатыннах	1,1	4	0,23	0,000253	3,55	15,43478	N62°55'02,44" E131°03'00,88"
5	Талах Ары	3	5,5	1,42	0,00426	1,27	0,894366	N62°34'38,02" E130°50'02,03"
6	Тымпы Баса	1,2	2,3	0,15	0,00018	1,18	7,866667	N62°47'1,64" E130°45'28,30"
7	Сыырдаах	4,8	13	1,67	0,00802	11,3	6,766467	N62°34'09,82" E130°52'59,96"
8	Ойгос	0,7	1,5	0,08	5,6E-05	0,93	11,625	N62°54'27,32" E131°02'42,47"
9	Хатыннаах	1,1	4	0,23	0,00025	1,2	5,217391	N62°55'02,44" E131°03'00,88"
10	Бэйдингэ	3,9	8,1	4,02	0,01568	6,2	1,54229	N62°22'57,18" E130°51'56,49"
11	Туйма	2,2	5	0,3	0,00066	1,6	5,33333	N62°23'56,41" E130°51'48,77"
12	Тенгюргестях	0,75	1,25	0,02	0,000015	1,67	83,5	N61°58'47,23" E132°10'00,55"
13	Илин Макайи	0,7	1,45	0,013	0,00001	0,62	47,69231	N 62°20'9.54" E 132°55'12.51"
14	Булгунняхтаах Сайылыгын Кюеля	0,8	1,7	0,023	0,00002	1,87	81,30435	N 62°16'49.58" E 133°28'8.48"
15	Улахан Сайылык Кердюгене	0,5	1,05	0,002	0,000001	0,09	45	N62°37'41.12" E 133°35'6.60"
16	Тенгютте юряха	1,04	0,6	0,51	0,00053	7,28	14,27451	N62°11'28.25" E 134°44'25.78"
17	Харбалах	0,7	1,25	0,01	0,000007	0,09	9	N 62°12'05.72" E 133°17'56.12"
18	Дьон Етеге	1,3	2,5	0,031	4,03E-05	0,81	26,12903	N 62°00'36.18" E 132°33'05.17"
19	Уолба	0,98	1,55	0,48	0,00047	1,59	3,3125	N 62°37'44.17" E 133°35'54.80"
20	Сатагай	0,9	1,7	0,73	0,00067	3,22	4,410959	N62°14'17.00" E 134°37'01.66"
21	Ытык кюель	4,1	17,3	0,1	0,000365	17,84	178,4	N 62°19'26.06" E 133°02'15.01"
22	Чымнайы	1,8	3	0,16	0,00029	1,94	12,125	N 62°14'47.63" E 134°34'33.51"
23	Сатагай	1,04	2,9	0,61	0,00048	4,5	7,377049	N 62°14'36.05" E 132°36'52.86"
24	Тенгюрестях	0,75	1,25	0,02	0,000015	0,211	10,55	N 62°00'36.18" E 132°33'05.17"
25	Аргаа Кердюген	2,4	3,8	0,013	0,0312	0,09	6,923077	N 62°7'04.06" E 133°2'48.64"
26	Чапчылган	1,5	2,5	0,68	0,00102	8,82	12,9706	N60°54'35.43" E 132°03'26.00"
27	Уыра Ныыла	1	2,5	0,16	0,00016	0,9	5,625	N61°23'46.44" E 131°02'18.16"
28	Нэлэгэр	1	3	0,39	0,00039	0,4	1,02564	N60°04'38.47" E 132°55'41.04"
29	Хобороонньо	1,7	3,5	0,33	0,00056	0,35	1,06061	N60°55'44.30" E 132°08'54.92"
30	Балыктах	3,51	8,9	4,58	0,01608	23,5	5,131	N 62°14'50,30" E130°41'58,34"
31	Бырама	1,8	2,5	0,375	0,00068	8	21,3333	N 61°29'15,76" E 130°57'10,48"
32	Дюедя	2,5	6,1	0,01	2,5E-05	0,056	5,6	N 61°43'55,10" E 130°15'35,38"
33	Билин	1	2,4	0,32	0,00032	1,3	4,0625	N 61°59'53,77" E130°34'41,43"
34	Кюля	0,9	2,4	0,0016	1,4E-06	0,018	11,25	N62°02'54,35" E130°37'16,77"

№	Название озера	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м	Площадь зеркала озера, км ²	Объем, км ³	Площадь водосбора, км ²	Удельный водосбор	Координаты
35	Озеро Чибили	3,5	8,5	1,12	0,00392	18,8	16,7857	N 62°12'36,03" E 130°18'03,72"
37	Ломтука	1,9	8,6	0,04	7,6E-05	0,18	4,5	N 61°38'27,52" E130°05'12,11"
38	Нуорагана	1,1	2,2	0,88	0,00097	3,9	4,43182	N 62°08'49,57" E 131°02'57,48"
39	Родовое	1,5	2,5	0,1	0,00015	8,8	88	N 62°09'03,57" E 131°01'44,25"
40	Абага Кюель	3,05	5,8	0,47	0,00143	1,5	3,19149	N 61°59'44,44" E129°58'01,55"
41	Чохулаах	1,4	2,4	0,13	0,00018	1,4	10,7692	N 61°59'12,64" E130°03'50,80"
42	Улуу Кюель	1,7	2,2	0,69	0,00117	2,4	3,47826	N 61°58'40,62" E130°04'59,56"
43	Диринг	1,5	2,3	0,36	0,00054	4,3	11,9444	N 62°51'15,14" E 132°7'22,64"
44	Буоратай	1,3	2,29	0,411	0,00053	4,31	10,4866	N61°59'39,10" E131°52'25,74"
45	Туолбут	1,1	2,5	1,73	0,0019	8	4,62428	N61°55'03,11" E132°24'27,64"
46	Имиттэ	2,51	4,2	1,53	0,00384	26,8	17,5163	N62°00'33,50" E132°33'01,64"
47	Алаас Эбэ	2,02	3,9	0,88	0,00178	5,15	5,85227	N 62°59'24,37" E 132°35'6,4"
48	Хангас-Эбэ	1,59	2,7	0,543	0,00086	2,5	4,60405	N62°00'48,59" E132°38'31,08"
49	Харбала-2	1,33	1,9	0,052	6,9E-05	0,23	4,42308	N62°02'31,38" E132°45'34,10"
50	Диринг	1,5	2,7	0,36	0,00054	4,3	11,9444	N62°10'15,44" E132°09'22,92"
51	Буор-Дьизэ	1,29	2,2	0,537	0,00069	3,18	5,92179	N62°00'23,64" E132°36'40,32"
52	Тандара	1,39	2,8	0,27	0,00038	0,531	1,96667	N62°10'57,25" E132°08'47,28"
53	Усун-Кюель	1,63	3,25	0,81	0,00132	7,93	9,79012	N62°09'26,67" E132°11'19,12"
54	Улахан-Кюель	2,68	7,6	0,25	0,00067	1,78	7,12	N 62°59'24,37" E 132°35'6,4"
55	Лоскуй	2,39	4,9	0,98	0,00234	5,8	5,91837	N62°15'09,01" E132°19'52,99"
56	Кэрэхтээх	1,35	2,6	0,02	2,7E-05	0,19	9,5	N62°15'54,85" E132°21'24,33"
57	Нама-1	1,03	1,95	0,0312	3,2E-05	0,18	5,76923	N62°14'48,07" E132°22'50,14"
58	Нама-2	1,47	2,6	0,057	8,4E-05	0,17	2,98246	N 62°15'13,90" E 132°19'29,38"
59	Чурапча	1,9	5,1	4,69	0,00891	29,3	6,24733	N 62°00'16,67" E 132°28'15,44"
60	Липпэлээх	1,8	3,1	0,7	0,00126	3,7	5,28571	N 62°15'13,90" E 132°19'29,38"
61	Кетит-Кюель	0,8	1,3	0,87	0,0007	7	8,04598	N61°43'30,58" E131°52'45,51"
62	Курадынгы	1,7	2,9	0,165	0,00028	2	12,1212	N 62°15'13,90" E 132°19'29,38"
63	Тигэччи	1	1,8	1,36	0,00136	4,85	3,56618	N 62°19'30,21" E 124°37'09,64"
64	Тебюрён-Кюель	1,1	2	0,43	0,00047	1,97	4,5814	N 62°18'23,90" E 124°22'03,93"
65	Ырджах	0,7	1,6	0,68	0,00048	7,5	11,0294	N 62°34'13,86" E 125°11'14,85"
66	Ыарга-Кюеля	1	1,7	0,02	0,00002	0,86	43	N 61°21'34,50" E 131°53'26,45"
67	Улахан Багаджи	1,1	1,9	0,52	0,00057	3,02	5,80769	N 62°22'38,92" E 126°34'17,14"
68	Аччыгый-Кырамда	1,44	2,1	0,41	0,00059	2,76	6,73171	N 62°25'10,29" E 126°53'17,11"
69	Андылах	0,8	1,7	0,02	1,6E-05	0,17	8,5	N 62°0'28,20" E 125°46'27,23"
70	Балык Чечегере	0,8	1,6	0,03	2,4E-05	0,34	11,3333	N 61°53'40,18" E 126°10'13,74"
71	Эбэ	0,77	2,7	2,29	0,00176	30,15	13,1659	N 62°07'20,13" E 126°41'39,30"
72	Басылах	1,3	2,1	1,51	0,00196	9,69	6,41722	N 62°15'52,35" E 127°58'38,75"

<i>№</i>	<i>Название озера</i>	<i>Средняя глубина, м</i>	<i>Максимальная глубина, м</i>	<i>Площадь зеркала озера, км²</i>	<i>Объем, км³</i>	<i>Площадь водосбора, км²</i>	<i>Удельный водосбор</i>	<i>Координаты</i>
73	Аччыгый Хондой	1	1,6	0,23	0,00023	2,66	11,5652	N 62°14'19.41''E 128°00'42.34''
74	Белое	1,5	3,35	19,2	0,0288	122,4	6,375	N 63°21'33.01''E 128°59'41.80''
75	Улахан-Чабыда	1,4	2,7	2,89	0,00405	31	10,7266	N 62°22'26.87''E 127°57'20.53''
76	Кюлят Эбэ	0,32	1,33	2,79	0,00089	21	7,52688	N 64°52'36.10''E 120°51'18.88''
77	Хомустаах	1,7	3,3	0,029	4,9E-05	0,301	10,3793	N 63°52'38.16''E 123°29'21.10''
78	Нэгэдьэк	0,6	1,3	0,21	0,00013	3,12	14,8571	N 64°18'57.03''E 122°08'07.99''
79	Улгумута	2	3,5	4	0,008	21,9	5,475	N62°33'27.44''E 117°32'03.29''
80	Дьенкюде	6	14	46,5	0,279	732,9	15,7613	N63°34'04.34''E 118°58'16.03''
81	Илимниир	0,44	1,8	0,064	2,8E-05	2,2	34,375	N62°1'3.29''E 117°25'21.22''
82	Ниджили	3,6	8	107,24	0,38606	1010	9,41813	N63°33'49.83''E 125°13'49.47''
83	Быранатгаалаах	4	9,5	36,48	0,14592	374	10,2522	N63°41'17.19''E 124°26'55.28''
84	Табалаах	1,38	2,5	0,39	0,00054	12,8	32,8205	N61°24'50.30''E 129°10'15.22''
85	Вулкан	2,9	4,8	2,67	0,00774	112	41,9476	N 72°15'20.97'' E 126°1'51.73''
86	Куогастаах	4,5	8,2	1,54	0,00693	165	107,143	N 72°37'57.75'' E 124°53'49.93''
87	Батыйалаах	4,1	11	1,94	0,00795	121,7	62,732	N 72°38'42.93'' E 124°58'15.08''
88	Чай Тумус	3,3	7,9	0,41	0,00135	66,5	162,195	N72°20'14.50'' E 125°40'54.14''
89	Буор-Хая 1	3,4	7,6	0,32	0,00109	52	162,5	N 72°38'42.93'' E 124°58'15.08''
90	Озеро Арылах-2	2	4,5	1,74	0,00348	27,7	15,9195	62°08'47,81" 130°55'56,91"
91	Дьаргалах	3,06	9,4	0,55	0,00168	17	30,9091	N64°42'55.23''E 139°45'52.11''
92	Афоня	1,76	5,1	0,33	0,00058	31	93,9394	N 70°50'70''E 136°52'23.5''
93	Онор Эбете	2	4,5	1,74	0,00348	13,8	7,93103	N62°51'02,12" E131°00'13,51"
94	Улахан Сыырдаах	4	9,5	1,3	0,0052	29,3	22,5385	N62°35'30,56" E131°07'42,94"
95	Тыргылдыма	4,5	9,8	4,13	0,01859	36	8,71671	N62°48'08,62" E131°02'25,95"

Озера Ледникового происхождения

№	Название озера	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м	Площадь зеркала озера, км ²	Объем, км ³	Площадь водосбора, км ²	Удельный водосбор	Координаты
1	Севастьян	2,2	2,9	2,11	0,00464	102	48,3412	N 71°31'3.03" E 128°49'37.40"
2	Ладаннаах	3,3	5,2	0,63	0,00208	28,6	45,3968	N 71°47'21.09" E 128°36'28.86"
3	Мелкое	3,2	7,8	0,64	0,00205	8,12	12,6875	N 71°39'4.46" E 128°48'27.57"
4	Сутуруоха	2,6	6,2	67,9	0,17654	922	13,5788	N 69°9'17.07" E 145°22'45.60"
5	Ожогоино	3,5	8	157	0,5495	592	3,7707	N 69°12'26.83" E 146°37'44.50"
6	Иван	3,3	5,6	15,2	0,05016	288	7,3	N 52°14'47" E 112°59'28"
7	Леприндокан	9,8	25	11,7	0,11466	96,3	8,23077	N 56°56'14" E 117°45'20"
8	Тасей	1,8	4	14,5	0,0261	291	20,069	N 52°17'27" E 112°04'59"
9	Б.Ундугун	3	5,4	11,6	0,0348	216	18,6207	N 52°5'45" E 112°33'31"
10	Шакшинское	3,9	6	52,5	0,20475	439	8,3619	N 52°09'21" E 112°43'46"
11	Арахлей	7,8	19,5	58,9	0,45942	242	4,10866	N 52°12'56" E 112°52'31"
12	Иргень	3,7	3	33,2	0,12284	188	5,66265	N 51°58'56" E 112°31'13"
13	Б.Еравное	2,1	6	9,46	0,01987	972	102,748	N 52°37'20" E 111°29'13"
14	Баунт	17	33	111	1,887	10300	92,7928	N 55°10'49" E 113°00'13"
16	Титиктях	3	13	9,91	0,02973	61,1	6,16549	
17	Гунда	1,8	5	12,4	0,02232	121	9,75806	N 52°47'46.09" E 111°42'32.95"

Озера Тектонического происхождения

<i>№</i>	<i>Название озера</i>	<i>Средняя глубина, м</i>	<i>Максимальная глубина, м</i>	<i>Площадь зеркала озера, км²</i>	<i>Объем, км³</i>	<i>Площадь водосбора, км²</i>	<i>Удельный водосбор</i>	<i>Координаты</i>
1	Большое Токо	30,5	80	82,6	2,5193	919	11	N56°16'25"E 130°32'15"
2	Ничатка	36	117	40,5	1,458	861	21	N56°44'22" E117°36'11"
3	Б.Леприндо	25	62	17,1	0,4275	241	14	N56°37'29"N 117°31'15"
4	Орон	71	191	75,2	5,3392	3389	45	N56°04'37.91"E 116°41'93"
5	Доронг	32,5	55	6,24	0,2028	980	157	N 55°17'30" E 112°16'16" .
6	Лабынкыр	52	75	60	3,12	1841	30	N 62°30'17.05"E 143°36'03.04"
7	Малое Токо	10	27	2,5	0,025	-	-	N 56°14'02" E 130°32'15"
8	М.Леприндо	16,7		6,29	0,105043	-	-	N 56°36'45" E 117°22'21"