

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»

На правах рукописи

УШНИЦКАЯ Лена Алексеевна

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАЗНОТИПНЫХ  
ОЗЁР ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

Специальность 1.6.21. Геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Научный руководитель:  
доктор географических наук  
Субетто Дмитрий Александрович

Якутск – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	4
ГЛАВА 1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ОБЗОР ИЗУЧЕННОСТИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЛЕНО-АМГИНС КОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ .....	15
1.1 Физико-географические условия формирования озёр .....	15
1.2 Краткая характеристика основных водотоков Лено-Амгинского междуречья .....	38
1.3 Обзор исследований озёрных экосистем .....	43
1.4 Краткие выводы к главе 1 .....	49
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	52
2.1 Объект исследования и сбор фактического материала .....	52
2.2 Методы полевых и лабораторных исследований, статистический анализ.....	56
2.3 Краткие выводы к главе 2 .....	62
ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЁРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ .....	63
3.1 Геоморфологическое районирование озёр по террасам среднего течения реки Лена.....	63
3.2 Распределение озёр по морфогенетическим признакам их котловин .....	69
3.3 Распределение озёр по сельским поселениям и населенным пунктам .....	85
3.4 Краткие выводы к главе 3 .....	107
ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЁР ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ .....	109
4.1 Особенности морфометрических параметров разнотипных озёр .....	109
4.2 Физико-химические особенности природных вод озёр.....	120
4.2.1 Физико-химические характеристики озёрных вод.....	120
4.2.2 Оценка качества озёрных вод по физико-химическим параметрам.....	140
4.3 Типизация озер по сочетанию морфометрических и физико-химических параметров .....	147
4.4 Корреляция морфометрических и физико-химических характеристик разнотипных озёр Лено-Амгинского междуречья .....	155
4.5 Краткие выводы по главе 4.....	164
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОЗЁРНЫХ ВОД ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ .....	167
5.1 Социально-экономические условия и особенности водопользования районов Лено- Амгинского междуречья .....	167
5.2 Оценка качества воды магистрального водовода «Лена-Туора-Кюель».....	178
5.3 Основные проблемы использования и загрязнения озёр, основанные на комплексной оценке состояния их экосистем .....	187
5.4 Краткие выводы к главе 5 .....	190
ВЫВОДЫ.....	193
ЛИТЕРАТУРА .....	197

ПРИЛОЖЕНИЯ.....	227
Приложение 1 – Обзор исследований озёрных экосистем Лено-Амгинского междуречья.....	228
Приложение 2 – Список изученных озёр по террасам среднего течения реки Лена.....	233
Приложение 3 – Список изученных озёр по генетической классификации их котловин .....	240
Приложение 4 – Список изученных озёр по муниципальным образованиям Республики Саха (Якутия).....	248
Приложение 5 – Количество изученных озёр по административно-территориальному делению .....	256
Приложение 6 – Перечень методов определения физико-химических параметров озёр.....	258
Приложение 7 – Формулы расчетов основных морфометрических показателей.....	259
Приложение 8 – Коэффициенты, используемые в статистике и их формулы расчетов.....	260
Приложение 9 – Основные абиотических параметры изученных озёр Лено-Амгинского междуречья.....	261
Приложение 10 – Морфометрические характеристики исследованных групп озёр по их генезису .....	262
Приложение 11 – Усреднённые параметры изученных озёр Лено-Амгинского междуречья по определенным кластерам (I- III).....	263
Приложение 12 – Усреднённые параметры изученных озёр Лено-Амгинского междуречья по определенным кластерам (IV- VIII) .....	264
Приложение 13 – База данных Biogeochemical and palynological data from Lake Khamra, SW Yakutia» в международной системе PANGAEA .....	265
Приложение 14 – База данных «Radiocarbon age dating of bulk sediments from sediment core EN20001 from Lake Khamra» в международной системе PANGAEA .....	266
Приложение 15 – База данных «Element composition of the sediment core EN20001 from Lake Khamra» в международной системе PANGAEA.....	267
Приложение 16 – База данных «Total organic carbon and total nitrogen of the sediment core EN20001 from Lake Khamra» в международной системе PANGAEA .....	268
Приложение 17 – База данных «Pollen and non-pollen palynomorphs of the sediment core EN20001 from Lake Khamra» в международной системе PANGAEA .....	269
Приложение 18 – Свидетельства о государственной регистрации баз данных и патент .....	270

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

Абс. отм. – Абсолютная отметка

АВИ – Институт им. Альфреда Вегенера Центра полярных и морских исследований им. Гельмгольца

АССР – Автономная Советская Социалистическая Республика

БВУ – Бассейновое водное управление

БГФ – Биолого-географический факультет

БД – База данных

БПК<sub>5</sub> – Биологическое потребление кислорода

ВАК РФ – Высшая аттестационная комиссия Российской Федерации

ВЕР – Восточно-Европейская равнина

ВМО – Всемирная метеорологическая организация

ГЗ МОН РФ – Государственное задание Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

ГИС – Геоинформационная система

ГОСТ – Государственный стандарт

ДО – Донные отложения

ЖКТ – Желудочно-кишечный тракт

Кал. л. н. – Калиброванных лет назад

КРС – Крупный рогатый скот

Макс. – Максимальное значение

Мин. – Минимальное значение

ММП – Многолетнемёрзлая порода

Мода – наиболее часто встречающееся значение

МСХ РФ – Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

МТФ – Молочно-товарная ферма

Над у.м. – Над уровнем моря

Над у.м. – Над уровнем моря

НИИПЭС – Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера

ОКВЭД – Общероссийский классификатор видов экономической деятельности

Орг. – органический

Отм. – Высотная отметка

ПДКв – Предельно допустимая концентрация

Пгт. Поселок городского типа

ПЖЛ – Повторно-жильные льды

РГПУ им. А.И. Герцена – ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена»

РИД – Результаты интеллектуальной деятельности

РНТП – Республиканский научно-технический проект

РС(Я) – Республика Саха (Якутия)

РФ – Российская Федерация

РФФИ – Российский фонд фундаментальных исследований

СО РАН – Сибирское отделение Российской академии наук

СССР – Союз Советских Социалистических Республик

СТС – Сезонно-талый слой

СХПК – Сельскохозяйственные производственные кооперативы

Тиюля, °C/T July, °C – Средняя температура июля в градусах

УМС/AMS – Accelerate mass spectrometry

ФЗП – Федеральная целевая программа

ХПК – Химическое потребление кислорода

ЭГО ИЕН – Эколого-географическое отделение Института естественных наук

14С л.н. – Радиоуглеродных лет назад

Hill's N2 – Индекс Хилла

РСА – Principal component analysis/метод главных компонент

SD – Стандартное отклонение

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Современные озёра – это уникальные составляющие географической оболочки нашей планеты. Их экологические особенности определяются множеством факторов, включая географическое расположение, особенности водосборных территорий и структуру котловин. Разнообразие озёрных экосистем формируется благодаря сложным природным процессам, которые происходят в озёрах как водоёмах с замедленным течением.

Водоёмы, созданные природой, являются неотъемлемой частью экосистемы и тесно связаны с окружающей средой. В них попадают различные загрязняющие вещества, такие как частицы почвы, смываемые дождями или талыми водами, а также отходы промышленных предприятий.

В последнее время наблюдается значительное повышение уровня загрязнения водоёмов, что отрицательно сказывается на качестве воды, используемой в хозяйственных целях, а также на живых организмах, обитающих в природных водах.

Помимо того, что вода загрязняется в результате деятельности человека, она также может естественным образом насыщаться органическими веществами. Это происходит как из-за того, что различные водные организмы отмирают и разлагаются, а также из-за того, что некоторые водоросли выделяют органические вещества в течение своей жизни. Однако благодаря процессу фотосинтеза, в ходе которого выделяется кислород, водоросли способствуют самоочищению воды от органических веществ. Чтобы использовать воду в хозяйственно-бытовых целях, необходимо знать её качество, особенно уровень загрязнения.

В большинстве населённых пунктов центральной части Якутии поселения находятся на водоразделах, где единственными источниками воды являются озёра. В условиях сурового климата любое воздействие на озёра – естественное, антропогенное или техногенное – может нарушить хрупкое

равновесие в этих водоёмах. Это, в свою очередь, может негативно сказаться на качестве воды в озёрах, которые являются важным источником ресурсов для местного населения и используются в хозяйственной деятельности.

Лено-Амгинское междуречье – это уникальное место, где в изобилии произрастает аласно-таежная растительность и существует развитый ледовый комплекс, образованный мощными подземными жильными льдами (Соловьев, 1962).

Физико-географические особенности этого региона, такие как широкое распространение аласных ландшафтов и расположение в наиболее густонаселенных районах Якутии, способствуют активному освоению территории в сельскохозяйственных целях. В результате антропогенное воздействие на его экосистему Лено-Амгинского междуречья становится всё более значительным (Десяткин, 1998).

В Лено-Амгинском междуречье большинство населённых пунктов сосредоточено у озёр. Реки здесь не глубокие, а те, что есть, наполняются только весной, когда тает снег, или осенью, после дождей.

Из-за этого сельские жители и хозяйства не могут обеспечить себя водой, и им приходится брать её из озёр. Но озёра в этом районе не подходят для питья. Зимой жители деревень используют для питья талую воду, которая образуется из льда. Они следуют народному опыту, который говорит, что вода очищается сама собой, когда превращается в лёд.

Впервые на проблему водоснабжения жителей центральной части Якутии обратило внимание Министерство сельского хозяйства Якутской АССР (министр М.Е. Николаев). По инициативе ведомства с 1978 по 1998 годы была проведена масштабная работа по паспортизации озёр совхозов Центральной Якутии. Полученные материалы легли в основу диссертационного исследования.

В целях решения данной проблемы Правительством Республики Саха (Якутия) успешно претворяется в жизнь Республиканская программа водоснабжения Заречных улусов за счет подачи воды из р. Лена.

**Целью** диссертационного исследования является выявление локальных различий морфометрических и гидрохимических параметров изученных озёр Лено-Амгинского междуречья с учетом геоморфологических условий.

Для достижения цели, были поставлены следующие **задачи**:

- охарактеризовать распределения озёр по морфогенетическим типам котловин и единицам административно-территориального деления района исследования с учетом геоморфологического районирования;
- выявить морфометрические и гидрохимические особенности озёр Лено-Амгинского междуречья;
- произвести типизацию озёр по совокупности морфометрических и физико-химических параметров;
- установить особенности пространственного изменения морфометрических и физико-химических характеристик озёр;
- произвести оценку качества озёрных вод исследуемого региона.

**Объектом** исследования являются разнотипные озёра Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия), относящиеся к территориям муниципальных образований пяти улусов (районов) Республики Саха (Якутия).

**Предмет исследования** – морфометрические и гидрохимические параметры термокарстовых, эрозионно-термокарстовых, водно-эрозионных и тукулановых озёр Лено-Амгинского междуречья.

**Основные защищаемые положения:**

**I. По общей совокупности морфометрических характеристик и физико-химических параметров воды выделены восемь групп озёр Лено-Амгинского междуречья. Водоёмы, обладающие повышенными значениями параметров: Мюрю (самая большая площадь зеркала), Огус-Харага (наибольший коэффициент развития береговой линии), Чонтохой (высокая минерализация воды), Усун-Кюель (самое**



удлинённое) и Безымянное L244 (самая высокая прозрачность воды) – отнесены к категории «уникальных» для Лено-Амгинского междуречья.

**II. Основные физико-химические свойства воды озёр, относящихся к эрозионно-термокарстовому и водно-эрозионному морфогенетическим типам в пределах Лено-Амгинского междуречья, закономерно изменяются с юга на север. С продвижением на север общая минерализация, концентрация натрия, калия и хлоридов в воде повышаются, в то время как содержание кальция уменьшается. Это происходит на фоне уменьшения количества атмосферных осадков и увеличения испарения.**

**III. Исследования озёр Лено-Амгинского междуречья, водный режим которых находится под влиянием процессов строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений, позволяют расширить общепринятую региональную классификацию (Жирков, 1983), путем добавления двух морфогенетических типов озёр: термокарстово-антропогенного и эрозионно-термокарстово-антропогенного.**

**Научная новизна работы.** Впервые для озёр Лено-Амгинского междуречья проведена комплексная оценка взаимосвязей морфологических, морфометрических, гидрохимических характеристик озёр с параметрами их местоположения. Для Лено-Амгинского междуречья произведён пионерный учёт такого пространственного параметра, как кратчайшее расстояние от озера до ближайшего водотока, в процессе оценки структуры взаимосвязей абиотических характеристик водоёмов, а также установлена его взаимосвязь с физико-химическими параметрами воды термокарстовых озёр. В морфогенетическую классификацию озёр Якутии (Жирков, 1983) внесены новые типы водоёмов (термокарстово-антропогенные и эрозионно-термокарстовые озёра с антропогенным воздействием). Проведена пионерная оценка влияния водовода «Лена–Туора-Кюель» на показатели качества воды озёр и озёр-водохранилищ, находящихся по маршруту его следования.

**Личный вклад автора.** Диссертационная работа является

самостоятельно выполненным научным исследованием. Автором сформулированы цели и задачи исследования, в сборе и обработке опубликованных материалов. Автор принимал участие в полевых исследованиях, химико-аналитических работах, самостоятельно произвёл вычисление расчётных морфометрических характеристик водоёмов, осуществил статистическую обработку данных, а также сам выполнил всю работу по оформлению результатов исследования. Автором лично разработана структура и создана электронная лимнологическая база данных (БД) «Озёра Центральной Якутии», а также участвовала в соавторстве при составлении баз данных озёрных экосистем бассейнов рек Якутии. Работа выполнена в лаборатории по изучению экологического состояния Арктики (Биологический мониторинг – БиоМ) Эколого-географического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ М. К. Аммосова» в рамках проектов и хоздоговорных работ: РНТП Республики Саха (Якутия) выполнены темы: «Гидробиологические ресурсы водоемов Центральной Якутии» (№ 8.22, 2003); Федерального агентства водных ресурсов в рамках реализации мероприятий программы по мониторингу поверхностных водных объектов и водохозяйственных сооружений на территории Республики Саха (Якутия) зоны деятельности Ленского БВУ Росводресурсов выполнена тема «Разработка Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки Лены (СКИОВР, №4655-6с, 2002); ФЦП «Социальное развитие села до 2010 года» (МСХ РФ) «Оценка современного состояния и использование водных объектов (водохранилищ, озёр), расположенных по трассе водовода Лена - Туора-Кюель» (2004, №30/2004); РФФИ №13-05-00327 А «Палеоэкология и палеогеография озер Новосибирских островов» (2013-2015 гг.); РФФИ № 15-45-05063 р\_восток\_a «Палеоэкологические исследования голоценовой истории озер бассейна реки Индигирка» (2015-2017); Проектная часть государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ по заданию № 5.184.2014/К (2014-2016 гг.); Министерства образования и науки РФ

«Программа развития СВФУ Мероприятие 2.8. «Биомониторинг тундровых экосистем Северо-Востока России в условиях глобального изменения климата и интенсификации антропогенного процесса (мониторинг, экология, палеогеография, модель и технологии природопользования)» (2010-2014 гг.); проектная часть государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и образования РФ по заданию 5.2711.2017/ПЧ. «Биогеографические закономерности биоты озёр арктической зоны Северо-Востока Российской Федерации» (2017-2019 гг.); проектная часть государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования РФ по темам FSRG–2020–0019, 2020-2022 гг. и FSRG–2023–0027, 2023-2025 гг.; за счет экспедиционных грантов Института полярных и морских исследований имени А. Вегенера (AWI, Германия).

**Теоретическая и практическая значимость.** Работа вносит существенный вклад в процесс установления особенностей пространственного изменения физико-химических характеристик воды и морфометрических параметров озёр термокарстового, эрозионно-термокарстового и водно-эрозионного типов Центральной Якутии, а также позволяет получить новые сведения о пространственно-временных аспектах воздействия гидротехнических сооружений на состояние водоёмов, расположенных в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. В ходе выполнения работы значения, исследуемых морфометрических и физико-химических параметров озёрных экосистем сведены в электронную базу данных «Озёра Центральной Якутии» (см. приложение 18), зарегистрированную в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (свидетельство № 2014621709 от 10.12.2014 г.). Сведения базы данных и результаты исследований применяются в качестве информационной основы при проведении мониторинга состояния водных объектов, находящихся под воздействием водовода «Лена–Туора-Кюель». Материалы диссертации обладают высоким потенциалом применения при реализации водохозяйственных мероприятий по дальнейшему развитию

системы обеспечения населения и народного хозяйства Лено-Амгинского междуречья водными ресурсами.

**Степень достоверности и апробация исследования.** Достоверность результатов исследования подтверждается большим объемом используемого в работе фактического материала, применением современных лабораторных методов и вспомогательных средств, которые позволяют достичь цели исследования и решить поставленные задачи. Количественный анализ данных обеспечен тщательной проверкой результатов, использованием автоматизированных статистических программ, что определяет безошибочность вычислительных процедур. Совокупность применяемых подходов обеспечивает достоверность результатов исследования и обоснованность последовавших выводов. Результаты исследований обсуждались на научно-практических конференциях республиканского (4), российского (4) и международного (21) уровней, в том числе: «Озёра холодных регионов» (Якутск, 2000); «Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 3» (Тольятти, 2003); III научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 10-летию технического института (филиала) ЯГУ (Нерюнгри, 2003); научно-практическая конференция «Экология и здоровье человека на Севере» (Якутск, 2004); Экологические проблемы литорали равнинных водохранилищ» (Казань, 2004); форум географов Якутии «География в Якутии: Наука и образование» (Якутск, 2005); Научно-практическая конференция «Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, минимизация вредного воздействия вод в период прохождения паводков на малых реках и повышение эффективности использования их долин» (Якутск, 2006); 5-я научно-практическая конференция «Экологические проблемы промышленных городов» (Саратов, 2011); Ежегодная научно-практическая конференция Герценовские чтения «География: развитие науки и образования» (Санкт-Петербург, 2014, 2019); Международная конференция «Палеолимнология Северной Евразии» (Якутск, 2016; Казань, 2018; Иркутск,

2020); XV Международная научно-практическая конференция «Наука и образование сохраняя прошлое» (Пенза, 2018); XXVI Международная научно-практическая конференция «Вопросы современных научных исследований» (Омск, 2018); II Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности» (Санкт-Петербург, 2019); Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования» (Пенза, 2019); «География и краеведение в Якутии и сопредельных территориях Сибири и Дальнего Востока» (Якутск, 2020); XII научно-техническая конференция «Молодая мысль: наука, технологии, инновации» (Братск, 2020); Международной научно-практической конференции «Молодёжная наука» (Пенза, 2020); VI Ежегодная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные научные исследования: инноватика в современном мире» (Уфа, 2020-2023 гг.); «Аспирантские чтения-2021» (Якутск, 2021); XVI научно-практическая конференция «Молодые учёные России» (Пенза, 2022); The 5th International Conference «Paleolimnology of Northern Eurasia and the School of Young Scientists» (Санкт-Петербург, 2022); III международный научно-исследовательский конкурс – МЦНС «Наука и просвещение» (2022) (WWW.NAUKAIP.RU).

**Публикации.** По теме диссертационного исследования опубликовано 112 печатных работ, из них в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ – 17 (в т.ч. 3 – в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus), в сборниках материалов международных, всероссийских и региональных конференций – 70, в коллективных монографиях – 3. Произведено составление и регистрация в качестве РИД (в соавторстве) в Государственных реестрах РФ 14 электронных баз данных и 1 патента на полезную модель, 5 баз данных были зарегистрированы в международной системе PANGAEA.

**Благодарности.** Автор с искренней признательностью и благодарностью обращается к своему научному руководителю, доктору географических наук Дмитрию Александровичу Субетто, за поддержку и помощь, оказанные на всех этапах работы. Особую благодарность автор выражает своим коллегам из лаборатории по изучению экологического состояния Арктики (Биологический мониторинг — БиоМ) ЭГО ИЕН СВФУ. Их неоценимый вклад в подготовку диссертационной работы к защите трудно переоценить. Автор хотел бы отдельно поблагодарить следующих специалистов: Городничева Руслана Михайловича, кандидата биологических наук; Васильева Михаила Семёновича, кандидата географических наук; Ядрихинского Ивана Васильевича, кандидата географических наук; Давыдову Парасковью Васильевну, кандидата географических наук; Левину Сардану Николаевну, кандидата географических наук; Захарова Моисея Ивановича, кандидата географических наук; Троеву Елену Ивановну, кандидата биологических наук. Все они предоставили ценные советы по картографической и статистической обработке фактического материала, а также помогли интерпретировать полученные результаты. Автор также хотел бы выразить искреннюю признательность и благодарность своим близким за их терпение и поддержку во всех начинаниях.

**Объём и структура работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и выводов. Объём работы составляет 277 страниц, включая 56 рисунков и 44 таблиц, и 18 приложений. Библиографический список включает 307 наименований, в том числе 26 на иностранном языке.

# ГЛАВА 1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ОБЗОР ИЗУЧЕННОСТИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

## 1.1 Физико-географические условия формирования озёр

**Геология и геоморфология.** Территория исследования, находится в Лено-Амгинском междуречье, что в Центральной Якутии. Здесь особый рельеф, который сформировался под влиянием семиаридного климата и термокарстовых процессов. Эта территория – часть Центрально-Якутской равнины, которая, в свою очередь, входит в состав обширной Северо-Сибирской низменности (рисунок 1.1.1).

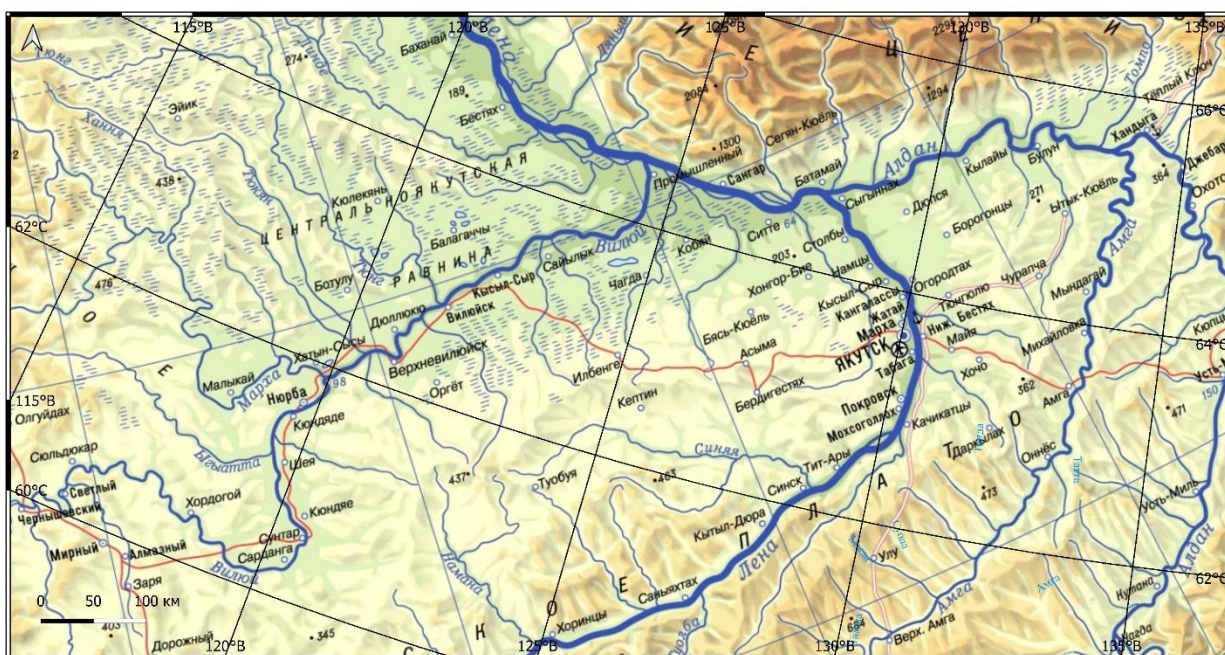


Рисунок 1.1.1 – Карта-схема Центральной Якутии (Атлас..., 1981)

В районе исследования можно обнаружить, разнообразные горные породы, которые относятся к мезозойской и кайнозойской эрам. Эти породы в основном имеют континентальное происхождение.

В верхней части этих отложений преобладают песчаники и алевроиты, которые слабо сцементированы и имеют рыхлую структуру. Они содержат

карбонатно-глинистый цемент. Толщина слоя четвертичных отложений в этом районе составляет 80–100 м. В качестве материнских пород здесь выступают средние и тяжелые коричневые суглинки, а также супесь, которая образовалась в результате выветривания кембрийских и юрских пород (Зольников, 1954; Соловьев, 1962).

В четвертичный период в Центральной Якутии сформировался рельеф. Уже в начале четвертичного периода общий вид ландшафта начал заметно меняться. В горах, вероятно, началось оледенение, и появилась устойчивая к холоду растительность тайги (Босиков, 1991).

По рельефу здесь выделяются две зоны: древняя аллювиальная равнина и долина реки Лена. Древняя долина представлена серией высоких надпойменных террас (по Алексею, 1961, третья – седьмая), а современная включает пойму, первую и вторую надпойменные террасы.

В работе (Катасонов, Иванов, 1973) подробно описаны несколько важных плейстоценовых обнажений в долине среднего течения Лены. Позднее, в 1984 году М.С. Иванов представил более детальную геоморфологическую схему Центральной Якутии. На этой схеме были выделены пойма реки Лены и пять надпойменных террас: 1) Якутская терраса, 2) Сергеляхская терраса, 3) Кердемская терраса, 4) Бестяхская терраса, 5) Тюнгилюнская терраса.

Древняя аллювиальная равнина раскинулась на обширной территории в западной части района, простираясь на левом берегу реки Лены. Ее высота достигает 300 м над уровнем моря. Рельеф равнины неоднороден и включает три четко выраженных участка: 1. Наиболее высокая, пологонаклонная и слабо расчлененная часть. 2. Долины рек Ханчалы и Кенкеме. 3. Эрозионно-денудационный склон равнины.

Долина реки Лены в значительной степени покрыта древними террасами. К числу этих террас относятся: седьмая Табагинская (высотой 112–150 м); шестая Абалахская (116–132 м); пятая Тюнгилюнская (66–98 м); четвертая Бестяхская (46–78 м) и третья Кердемская (26–36 м).



Для пятой, шестой и седьмой надпойменных террас характерен термокарстовый аласный рельеф.

Алас (якут. Алаас) – «... луговое пространство, окруженное лесистой горой...» (Пекарский, 1958) или типичное для равнинной Якутии и Тюменской области (где они называются хасыреями) геологическое образование и форма рельефа (Общее мерзлотоведение, 1978).

Среди термокарстовых котловин наиболее распространены аласы, которые могут быть разной степени обсыхания. Их глубина составляет от 5 до 15 м, а диаметр – от 0,2 до 1 км и более. Часто встречаются и активно развивающиеся термокарстовые котловины, которые заполнены водой. Глубина озёр в таких котловинах варьируется от 0,5–3 метров в обсыхающих аласах до 5–8 м в более молодых, активно развивающихся котловинах. Более подробную информацию можно найти в разделе 3.2 главы 3 диссертации.

Наряду с типичными просадками, образованными в результате термокарста, в этом регионе встречаются другие формы рельефа, такие как эрозионные и смешанного эрозионно-термокарстовые долины.

Эрозионно-термокарстовые долины могут иметь протяженность до 20–30 км и ориентированы с юго-востока на северо-запад. Их глубина постепенно увеличивается от 3–4 м в верхней части до 8–20 м в нижней. Ширина долины обычно составляет около 100–200 м, но в местах аласовидных расширений она может достигать 500 м и более.

Четвертая и третья надпойменные террасы реки Лена отличаются пологоволнистым рельефом, который сформировался под воздействием ветра и эрозии.

Крупные озёрные котловины имеют морфологическое строение, а на нижних частях стволов высохших деревьев, произрастающих в этих котловинах, можно увидеть выцветы солей. Это свидетельствует о периодических изменениях уровня воды в озёрах, что, вероятно, связано с чередованием влажных и засушливых периодов.

В современной долине реки Лена по обоим ее берегам можно увидеть пойму и первую надпойменную террасу. Вторая терраса, которая была шире, сохранилась лишь фрагментарно на левом берегу, образуя узкую прерывистую полосу. На правом берегу можно найти лишь её останки. Ширина низких террас вместе с поймой больше на левом берегу.

Для молодых террас характерен пойменный рельеф с протоками, старицами, с невысокими песчаными валами и гривами. Поверхность поймы и террас в целом довольно сухая, её покрывают разнотравные луга и кустарники.

На второй террасе, которая тянется параллельно коренному берегу долины, расположены песчаные увалы, покрытые сосновым лесом. Участки у подножия склонов песчаных увалов отличаются повышенной влажностью, заболоченностью и заторфованностью. Растительность здесь представлена багульником и угнетенной лиственницей.

На низких террасах довольно часто встречаются булгунняхы, которые свидетельствуют о промерзании замкнутых водоносных таликов. На некоторых участках можно наблюдать типичный полигональный микрорельеф, что было отмечено ещё в 1959 году Н.П. Анисимовой.

Термин «булгуннях» от якутского слова, означающий «многолетний бугор пучения», их нередко называют гидролакколитами (рисунок 1.1.2). Булгунняхам тождественно «пинго», встречающееся на Аляске (Втюрина, 1984; Richard, 2007).

Геологические и климатические особенности исследуемой территории во многом определяются её высоким широтным положением, удаленностью от моря, сложными формами рельефа и сплошным распространением многолетней мерзлоты.

**Климат.** Согласно климатическому районированию, Якутия делится на три зоны: арктическую, субарктическую и умеренную (Витвицкий, 1965; Справочник..., 1973; Атлас..., 1989; Сивцева и др., 1990 и др.).



**Рисунок 1.1.2** – Образование булгунняхы (фото автора 2024 г.)

Лено-Амгинское междуречье находится в умеренной зоне, где, как и во всей Центральной Якутии, преобладает резкоконтинентальный климат. Для него характерны большие суточных и годовых колебания температур, малое количество осадков и общая сухость воздуха, что делает климат особенно засушливым (Гаврилова, 1973; Атлас ..., 1989).

Климат Центральной Якутии формируется под влиянием географического положения относительно высоких широт ( $60 - 64^\circ$  северной широты) и горных хребтов, которые расположены с южной и восточной сторон. В течение года в этом регионе поступает около  $90-100$  ккал/см<sup>2</sup> тепла от суммарной радиации, преимущественно коротковолновой. Месячные значения колеблются от  $0,4$  ккал/см<sup>2</sup> в декабре до  $15-17$  ккал/см<sup>2</sup> в июне.

Радиационный баланс земной поверхности Центральной Якутии за год остается положительным и составляет  $30-32$  ккал/см<sup>2</sup>. В годовом цикле суммарной солнечной радиации минимум приходится на декабрь ( $0,5$  ккал/см<sup>2</sup>), а максимум – на июнь ( $15,1$  ккал/см<sup>2</sup>) (Гаврилова, 1973; 2007).

В зимний период могут наблюдаться значительные потепления, обусловленные восточным переносом воздушных масс со стороны морей Тихого океана. В это время температура воздуха может повышаться до  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Мишнина, 1961).

Весенний период, который длится примерно полтора месяца – со второй половины апреля по конец мая начинается с устойчивого перехода температуры воздуха через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 13 часов дня, что должно происходить не менее трех дней подряд. Кроме того, средняя суточная температура должна превышать  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Переход от зимы к весне обусловлен выносом теплых воздушных масс, преимущественно из южных широт. В это время прекращается область высокого атмосферного давления с севера, и над Центральной Якутией усиливается циклоническая деятельность из-за увеличения количества южных циклонов.

По мнению М.К. Гавриловой (Гаврилова, 2007), в XX веке наблюдалась тенденция к общему повышению температуры воздуха относительно средних многолетних значений. Это подтверждается данными, полученными на всех существующих станциях, расположенных в различных частях РС (Я). В результате было выявлено увеличение среднегодовых температур, что свидетельствует о значительном потеплении климата (Кириллина, 2013).

Анализ изменений температуры в теплый и холодный периоды года за 70 лет выявил довольно интересные закономерности. На большинстве станций наблюдалось значительное повышение температуры в холодный сезон, особенно в Центральной и Западной Якутии, и в меньшей степени – в Южной Якутии.

В марте наблюдается переход радиационного баланса к положительным значениям, а в первой половине октября – к отрицательным. В теплое время года основной расход тепла происходит за счёт испарения. За весь теплый период (с мая по сентябрь) испаряется  $14\text{--}16\text{ ккал/см}^2$ , из них  $10\text{--}11\text{ ккал}$  – в июне–августе.

В летний период затраты тепла на испарение составляют 45–50% от величины радиационного баланса, а в год – около 50%. Испаряемость почти в 2 раза (250–300 мм) превышает количество осадков. Недостающая влага на поверхности почвы поступает из более глубоких слоёв. Таким образом, в Центральной Якутии летом наблюдается сильное иссушение почвы (Гаврилова, 1973; Атлас..., 1989).

На общедоступном сайте (<https://rp5.ru/>) можно найти архив погоды за 2023 год. В этом архиве представлены данные трех метеостанций, расположенных в Лено-Амгинском междуречье: Амга, Ытык-Кюель и Чурапча. Для сравнения также приведены данные по г. Якутску (таблица 1.1.1). Зима в этих местах продолжительная, холодная и малоснежная. Средние температуры зимних месяцев варьируются от -35 °С до -45 °С. Холодный период с температурой ниже 0°С длится около 220 дней.

**Таблица 1.1.1** – Среднемесячная и среднегодовая температура воздуха, °С (2023 г. – архив погоды: <https://rp5.ru/>)

Станция / Месяцы	Амга (Индекс ВМО – 24962)	Ытык-Кюель (Индекс ВМО – 24766)	Чурапча (Индекс ВМО – 24768)	Якутск (Индекс ВМО – 24959)
I	-47,7	-47,6	-47,1	-43,7
II	-37	-42,2	-36,5	-33,7
III	-17,2	-15	-16,4	-16,3
IV	-5	-5,3	-4,4	-4,3
V	6,9	6,8	6,9	7,2
VI	17,7	18,3	18,1	18,3
VII	19,5	19,3	19,6	20,3
VIII	15,6	15,4	16,2	16,7
IX	4,7	4,1	4,7	5,3
X	-3,5	-4,9	-4,4	-3,4
XI	-24,2	-27	-25,7	-22,2
XII	-39,3	-43,8	-41,4	-37,2
Сред. знач.	-9,1	-10,1	-9,2	-7,7

В центральных районах Якутии средняя температура самого тёплого месяца – июля – составляет +19,5 °С. Максимальная температура может достигать + 37,7 °С. По показателям высоким летним температурам

Центральная Якутия не сильно отличается от некоторых лесостепных районов, таких как Орёл и Курск. Однако период высоких температур здесь короче. Продолжительность теплого периода (с температурой выше 0 °С) составляет около 145 дней. Средняя годовая температура воздуха здесь отрицательная и составляет от -9 °С до -10,1 °С. Обычно май и сентябрь обычно характеризуются сплошной чередой заморозков. Заморозки могут происходить и в июле. Повторяемость заморозков сильно зависит от расположения местности.

Вегетационный период начинается и заканчивается, когда среднесуточная температура воздуха достигает +5 °С. Обычно это происходит примерно в середине мая и в сентябре. Количество дней, когда температура воздуха выше +5 °С составляет примерно 116–130 дней. Для большинства теплолюбивых растений вегетация (переход среднесуточных температур через +10 °С) начинается в конце мая и заканчивается в конце августа – в начале сентября. Этот период длится примерно 90–97 дней (Гаврилова, 2007).

Влажность воздуха является важным показателем режима увлажнения, который оказывает значительное влияние на развитие многих отраслей народного хозяйства, особенно сельского хозяйства. Среднегодовые значения влажности составляют около 70%. Наиболее засушливыми сезонами являются весна и начало лета, особенно май и июнь. Например, в Якутске в мае насчитывается в среднем 14 засушливых дней, являются в июне – 12 дней, а к концу лета их количество снижается до 4. В зимний период дефицит влажности воздуха минимален благодаря высокой относительной влажности и низким температурам (Атлас..., 1989).

Годовое количество осадков в Лено-Амгинском междуречье сравнительно невелико и составляет около 210–250 мм (таблица 1.1.2).

В холодный период (с ноября по март) в связи с антициклонального режима погоды выпадает всего 35–50 мм осадков. На теплый период (с апреля по октябрь) приходится 170–199 мм осадков, что составляет 80–86%

годового количества. За три летних месяца (июнь–август) выпадает 100–132 мм осадков, с максимумом в июле (до 87 мм).

По количеству годовых осадков Центральная Якутия напоминает степные и полупустынные районы. Так называемый «индекс сухости» для города Якутска составляет 1,4 при оптимальном индексе 1, что соответствует показателям степных регионов, таких как город Куйбышев. Для летнего сезона этот индекс равен 3 (Гаврилова, 1973).

**Таблица 1.1.2** – Среднее месячное и годовое количество осадков, мм (2023 г. – архив погоды: <https://rp5.ru/>)

Станция	Якутск (Индекс ВМО – 24959)	Чурапча (Индекс ВМО – 24768)	Ытык-Кюель (Индекс ВМО – 24766)	Амга (Индекс ВМО – 24962)
I	7,8	4,5	4,4	6,7
II	9,8	7	7,1	5,8
III	6,4	8,1	10,9	5,7
IV	13	8,3	11,9	9
V	29,7	12	45,4	20,9
VI	50,2	48,4	24,8	33,4
VII	15	31,8	56,3	87,2
VIII	17,1	32,6	17,6	11,6
IX	12,7	20,7	28,2	20,1
X	22,2	16,4	18,4	16,2
XI	12,1	7,2	4,5	13,9
XII	12,7	10	5,8	16,2
Теплый период	159,9	207	202,6	198,4
Холодный период	48,8	36,8	32,7	48,3
За год	208,7	207	235,3	246,7

В этом регионе снежный покров устанавливается в октябре, достигая наибольшей высоты в конце февраля – 30–40 см. Его разрушение происходит в начале мая, а запасы воды в снежном покрове составляют 60–65 мм. Несмотря на небольшую высоту, снежный покров играет важную теплозащитную роль. В Центральной Якутии утепляющий эффект может достигать 15–20 градусов, что способствует хорошей перезимовке растений (Гаврилова, 1973).

Понижения в рельефе влияют лишь на микроклиматические особенности местности. По наблюдениям М.К. Гавриловой, озёра аласных котловин из-за небольших размеров и малой глубины не оказывают значительного влияния на климат местности, хотя и создают микроклимат над самим озером (Гаврилова, 1969; Гаврилова, Попов, 1974).

**Многолетняя мерзлота.** Изучаемый регион расположен в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) (Геокриологическая..., 1977). В результате геокриологических исследований были выявлены особенности залегания, мощности и температурного режима этих пород, что нашло отражение в работах многих ученых (Мельников, 1950; 1966; Ефимов, 1952; Соловьев, 1959; Иванов, 1984; Нестерова и др., 2021). Геокриологические условия в этом регионе отличаются значительной неоднородностью. Средняя мощность ММП составляет около 300–350 м, в то время как максимальная может достигать 700 м и более (Катасонов, Иванов, 1973; Еловская, 1987; Атлас..., 1989).

Температура мерзлых пород на глубине, где затухают сезонные колебания температуры, может достигать до  $-4$  °С. В этом слое можно встретить все виды подземного льда, различающиеся по способу образования: лед-цемент, жильный, повторно-жильный, сегрегационный, конституционный, инъекционный, погребённый, а также льды гидролакколитов и булгунняхов (Некрасов, 1991).

В среднем течении реки Лены, на левом берегу, отмечается аномально низкий уровень внутриземного теплового потока. Это приводит к глубокому промерзанию и низким температурам горных пород. На правом берегу реки Лены, напротив, наблюдается более высокий тепловой поток, что способствует уменьшению мощности ММП (Балобаев, Девяткин, 1982; Балобаев, 1991). Этот факт был установлен в результате бурения около 20 скважин для изучения таликовых и подмерзлотных вод. М.С. Иванов (1984) создал 10 широтных и меридиональных криолитологических профилей, на которых были отражены температуры горных пород на уровне нулевых



годовых амплитуд (15–20 м) и мощность ММП. Сквозные талики наблюдаются под руслом реки Лены и в крупных озёрах высоких террасовых уровнях (Ефимов, 1958; Мельников, 1963; Анисимова, 1971; Паршин, 1975; и др.). Мощность ММП на низкой пойме реки варьируется от 10 до 50 м, а на средней и высокой достигает от 50 до 300 м. Температура пород на низкой и средней пойме понижается до  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , на высокой пойме достигает  $-3\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На межривных понижениях под водоёмами встречаются талики различной мощности. Максимальная глубина сезонного протаивания наблюдается в песках (3–5 м), в то время как супесчано-суглинистые грунты протаивают на меньшую глубину (до 1 м).

На низких надпойменных террасах реки Лены ММП обычно залегает сплошным слоем. Толщина мерзлых отложений может изменяться довольно резко. По данным исследований П. Е. Дубровина, в 1965 году на низких надпойменных террасах правого берега Лены, вблизи села Павловска, мощность мерзлой толщи достигала 160–180 м. Вблизи Хаптагайской протоки этот показатель составлял от 50 до 100 м, а в центральных частях этих террас – до 300 м и более.

Низкие террасы на правом берегу реки Лены отличаются сплошным распространением ММП как по площади, так и в разрезе. Мощность мерзлоты может достигать 200–470 м. Для этих террас характерны небольшие по мощности повторно-жильные льды, а также локальные скопления инъекционных льдов (Иванов, 1984).

На Бестяхской и Тюнгилюнской террасах ММП покрывает большую часть территории, но её распространение по вертикали не всегда непрерывно (Скрябин и др., 1998). Например, в междуречье Тамма – Менда температура грунтов может изменяться от  $-0,1$  до  $-6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Мощность сезонно-талого слоя (СТС) варьируется от 0,4 м на торфяных отложениях до 4,5 м на песчаных грядках.

Севернее р. Тамма, вплоть до устья реки Алдан, мощность криогенной толщи увеличивается до 350 м. Песчаные отложения на террасе содержат

разнообразные ледяные включения, в том числе крупные пласты и жилы льда (Иванов, 1984).

Отличительной чертой Абалахской эрозионно-аккумулятивной террасы является её сплошное распространение ММП как в плане, так и в разрезе. Для этой террасы характерно наличие повторно-жильных льдов. Температура мерзлых грунтов варьируется от  $-0,8$  до  $-3,5$  °С. Глубина сезонного протаивания составляет около 1–3 м.

Температурный режим верхнего слоя мерзлых горных пород в различных ландшафтных условиях изучен не полностью из-за изменчивости условий теплообмена между поверхностью и атмосферой.

Древние эрозионные дочетвертичные террасы, такие как Эмильская, Киренская и Верхоленская, а также Приленское плато, были слабо изучены с точки зрения мерзлотоведения (Скрябин и др., 1998).

Следы послеледникового периода проявляются в современной криогенной морфоскульптуре. Она изобилует разнообразными термокарстовыми буграми, солифлюкционными и наледными формами, такими как аласы, бугры выпучивания и солифлюкционные террасы.

Глубина сезонного протаивания грунтов может существенно различаться. Например, в сырой низине с кочкарником и на межаласьях она составляет от 1,6 до 2,8 м, а в днищах аласов вблизи озёр достигает 2,4 м и более. Затенённость территории также оказывает значительное влияние на этот процесс.

Глубина сезонного промерзания, как правило, превышает глубину сезонного протаивания. Поэтому её можно наблюдать на участках с глубоким залеганием многолетней мерзлоты. В междуречье верхняя граница ММП лежит на глубине от 1 до 4 м и ежегодно смыкается с глубиной сезонного оттаивания криолитозоны.

В районах междуречий температурный режим мерзлых пород отличается в зависимости от местоположения. Например, на глубине 10 м у

села Чурапча температура составила  $-3,1^{\circ}\text{C}$ , в долине реки Татты  $-1,0^{\circ}\text{C}$ , а в низовьях реки Татты  $-3,8^{\circ}\text{C}$ .

Аласная область междуречья обладает своими уникальными особенностями в плане мерзлоты. Здесь мощность мерзлоты уменьшается из-за наличия подозёрных и подаласных чаш протаивания.

В Лено-Амгинском междуречье аласная область занимает наибольшую площадь и играет важную роль в хозяйственной деятельности. П.А. Соловьев (1950) выделил пять основных типов криолитозоны, которые зависят от геоморфологических особенностей местности:

1. Криолитозона межаласья, которая покрывает поверхности и уходит в глубь. Она сливается со слоем сезонного промерзания, а верхняя граница находится на глубине 1–2 м.

2. Криолитозона молодых термокарстовых котловин с развивающимся озером. Здесь верхняя граница находится на глубине от 3 до 10 м.

3. Криолитозона озёрных котловин в зрелых аласах и речных руслах с водой. Верхняя граница находится на глубине около 10 метров.

4. Криолитозона недавно высохших озёрных котловин и речных русел. Верхняя граница мерзлоты – на глубине 1,8 и 3 м;

5. Криолитозона древних сухих аласов, которая находится в центре артезианского бассейна, богатого подмерзлотными водами.

В период среднего четвертичного времени в Центральной Якутии существовала перигляциальная зона, окруженная ледниками. В то время были распространены ландшафты «холодных лесостепей» (Коржуев, 1959). Вероятно, некоторые суходольные аласы в этом районе являются реликтами холодных лесостепей.

**Почвы.** Многолетняя мерзлота оказывает значительное влияние на почвенные процессы в Центральной Якутии. Основным зональным типом почв в этой провинции являются мерзлотные палевые почвы, которые формируются на карбонатных покровных суглинках (Зольников, 1954; Еловская и др., 1966, Еловская, Коновский, 1978).

На аласах развиваются почвы, которые значительно отличаются от зональных почв, распространённых на равнинных участках региона. Почвообразующими породами в этом случае выступают аласные отложения. Аласные почвы уникальны по условиям образования, динамике развития и метаморфизму, что приводит к сложному строению почвенного профиля. Эти почвы не имеют аналогов в мире и занимают особое место в классификации как аласные почвы (Десяткин, 1984). Все почвы на аласах в той или иной степени засолены. На территории Лено-Амгинского междуречья распространено сульфатно-содовое и сульфатно-хлоридное засоление (Еловская и др., 1969). Кроме того, существенно отметить, что содовое засоление почв обычно имеет место на приподнятых участках Центральнойкутской равнины и Приленского плато, в долине же реки Лена преобладает сульфатное и хлоридное засоление. Поверхностные воды, которые образуются на засоленных почвах, обычно имеют более высокую минерализацию и иногда необычный ионный состав, в отличие от поверхностных вод, которые формируются на незасоленных почвах.

По данным Р.В. Десяткина (1984, а; 2008), почвы аласов можно классифицировать следующим образом:

– *аласные болотные и заболоченные почвы* занимают территории вокруг озёр, формируясь на озёрных отложениях, состоящих из органических веществ. Эти почвы имеют нейтральную или щелочную реакцию. В отличие от других типов почв, они содержат больше водорастворимых солей (около 1%) и относятся к солончаковым и солончаковатым. Аласные болотные почвы отличаются высокой зольностью (около 30%), в то время как заболоченные почвы могут иметь различную степень минерализации – от 25 до 60%. Присутствие большого количества, поглощенного натрия, в этих почвах способствует образованию солонцов. Оттаивание происходит на глубину от 45 до 50 см, а иногда и до 80-85 см;

– *аласные луговые почвы* занимают увлажненные участки аласов. Они часто формируются на месте бывших гидроморфных почв, имеющих

торфяные и сапропелевые горизонты. Эти почвы засолены на 0,2–1,0%. В суглинистых аласах механический состав луговых почв более однороден, тогда как в супесчаных он характеризуется высокой разнородностью. Содержание гумуса в них варьируется от 5 до 12%. Луговые почвы оттаивают на глубину до 1,5–1,7 м;

– *аласные остепенённые почвы* формируются на территориях с недостаточным увлажнением. В зависимости от содержания гумуса они делятся на две группы: темно-серые остепенённые (более 5%). Для этих почв характерно отсутствие мощного гумусового горизонта. Они содержат меньше водорастворимых веществ, а их реакция обычно нейтральная или слабощелочная. В зависимости от количества поглощённого натрия, встречаются солонцеватые, так и солонцовые почвы. Механический состав почв более однороден в суглинистых аласах, тогда как в супесчаных он неоднороден. За лето остепененные почвы оттаивают до 2 м и глубже. За лето остепенённые почвы оттаивают на глубину до 2 метров и более.

Особенностью климата аласных почв является наличие в них чётко выраженных поясов. А.И. Дмитриев (1991, 1997) выделяет три таких пояса, каждый из которых обладает своими уникальными режимами тепла и влаги:

- верхний гидротермический пояс, который соответствует лугу с недостаточным увлажнением;
- средний гидротермический пояс, представляющий собой луг, оптимального увлажнения;
- нижний гидротермический пояс, соответствующий лугу с избыточным увлажнением.

Для верхнего пояса характерна высокая теплообеспеченность, но при этом наблюдается дефицит продуктивной влаги в основной период развития растительности. Нижний пояс, напротив, отличается избыточной увлажненностью и малыми тепловыми ресурсами в течение всего вегетационного периода. Оптимальные гидротермические условия для луговых трав формируются в среднем поясе аласа.

Климат Центральной Якутии отличается цикличностью, что проявляется в изменениях уровня воды в термокарстовых озёрах. Эти изменения приводят к тому, что гидротермические пояса, расположенные на территории, постоянно находятся в движении. В засушливые годы, когда выпадает мало осадков в тёплый период, аласные озёра пересыхают. В результате гидротермические пояса смещаются к центру аласа, что приводит к увеличению площади верхнего пояса и уменьшению среднего и нижнего (Дмитриев, 1991, 1997).

Исследования, проведённые в 1996 году М.В. Оконешниковой, показали, что на сенокосных и пастбищных аласах содержание и запасы гумуса значительно уменьшаются в процессе их использования. В частности, в слое почвы толщиной от 0 до 20 см запасы гумуса снизились с 200 до 36,5 тонн на гектар. Это происходит из-за уничтожения растительной массы и ухудшения экологических условий для гумусообразования.

**Растительность.** Климат Якутии и наличие многолетней мерзлоты создали уникальные условия для развития растительного покрова, которые обусловлены спецификой почвенного слоя, экстремальностью климата и количеством влаги в летнее время.

Лено-Амгинское междуречье расположено в Восточно-Сибирской подобласти светлохвойных лесов, которая входит в состав Евразийской хвойно-лесной области. Леса занимают здесь значительную часть территории — около 60-70%. Это среднетаёжные леса, состоящие преимущественно (86%) из лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) - 8% и берёзы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) - 2%, с незначительной примесью ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) других (Тимофеев и др., 1994; Определитель..., 2020).

Согласно исследованиям М.Н. Караваева, С.З. Скрыбина (1971), И.П. Щербакова (1975), П.А. Тимофеева (1980), В.Н. Андреева и других (1987), П.А. Тимофеева и других (1994), на данной территории преобладают лиственничники брусничные (*Vaccinium vitis-idaea* L.), подлеске, которых

можно встретить багульник (*Ledum palustre* L.), таволгу (*Spiraea media* F.R.Schmidt), шиповник (*Rosa acicularis* Lindl.), можжевельник (*Juniperus communis* L.), ольховник (*Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar) и иву Бебба (*Salix bebbiana* Sarg.). Эти леса располагаются на территориях со средним уровнем увлажнённости, включая обширные плоские низины и предгорные впадины. Лиственничники с лишайниково-толокнянкового (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng., *Cladina rangiferina* (L.) F.H.Wigg.) типа включают в древостой – сосну и занимают более возвышенные и засушливые места.

В увлажнённых долинах среди тайги можно встретить лиственничники с багульникового и голубично-мохового (*Vaccinium uliginosum* L., *Rhizidium rugosum* (Hedw.): Kindb., *Polytrichum commune* Hedw.) типа. Подлесок в этих лесах развит слабо, зато моховой покров густой, который покрывает до 70% поверхности.

Лиственничники сфагновые произрастают в заболоченных местах, где образуют сплошной покров из зелёных и сфагновых мхов. Подлесок в таких лесах почти не развит.

Сосновые леса занимают узкую полосу песчаных отложений Бестяхской террасы, которая простирается вдоль коренного берега реки Лены. Здесь можно встретить три типа сосновых лесов: толокнянковые, мертвопокровно-толокнянковые и разнотравно-толокнянковые.

Березовые леса представлены берёзами пушистой и повислой. В лесостепном ландшафте встречаются первичные березняки, которые чередуются со степями, лугами и лиственничными лесами.

На Лено-Амгинском междуречье широко представлены и являются преобладающими аласные приозёрные, суходольные и мелкодолинные луга которые формируют уникальный таёжно-аласный ландшафт (Основные..., 1987).

Вдоль рек распространены сообщества с доминированием вейника Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin.) и осоки ситничковой (*Carex juncella* (Fries) Th. Fries), которые образуют особый тип ландшафта,

известный как «травяные реки». Также к рекам и ручьям приурочены заросли берёзы кустарниковой.

Для этого региона характерны аласы, которые образовались в результате термокаста. Этот процесс происходит, когда в толще суглинистых грунтах тают ледяные линзы и клинья. Аласы обычно имеют глубоко врезанные замкнутые котловины часто с остаточным озером, большей частью мелководным. Растительность вокруг озера расположена концентрическими полосами в зависимости от степени влажности почв и ее засоленности (рисунок 1.1.3).



**Рисунок 1.1.3** – Типичный алас Центральной Якутии<sup>1</sup>

Аласные луга играют особенно важную роль в растительном покрове этого района. Их происхождение, расположение и особенности эволюции растительности выделяют их в отдельную группу (Гоголева и др., 1987; Десяткин, 2008). В зависимости от уровня увлажнения и степени засоления,

---

1

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/381\\_%D0%90%D0%BB%D0%B0%D1%81\\_%D0%9C%D0%B0%D0%BC%D1%8B%D0%BA%D0%B0%D0%BD.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/381_%D0%90%D0%BB%D0%B0%D1%81_%D0%9C%D0%B0%D0%BC%D1%8B%D0%BA%D0%B0%D0%BD.jpg)



по мере приближения к озеру можно выделить несколько концентрических поясов.

В формировании общего облика аласов участвуют различные пояса растительности, степень выраженности которых зависит от многих факторов:

- стадии развития аласа;
- уровня его обводненности;
- размеров и конфигурации озера и самого аласа;
- рельефа днища.

В зависимости от этих условий, поясность может проявляться в полной мере и четко, или же она может быть неявно выражена, и некоторые пояса будут представлены лишь фрагментарно. В малых аласах с одним озером поясность выражена более ярко.

В крупных аласах с несколькими озёрами общая сложная картина растительного покрова складывается из поясов растительности, формирующихся вокруг каждого из них (Алексеенко, Десяткин, 1983). В сухих аласах преобладают сухие пояса, во влажных — влажные, а в замкнутых хорошо выделяются солончаковые пояса.

Разные учёные выделяют от трёх до пяти поясов. Большинство исследователей (Дробов, 1927; Работнов, 1945; Пермякова, 1962; Гоголева и др., 1987) выделяют четыре пояса, основываясь на главном критерии для аласов — увлажнении. Этот критерий зависит от возраста, размера и вогнутости аласов.

В первом поясе господствуют сообщества прибрежно-водной растительности с *Glyceria triflora* (Korsh.) Kom., *Scolochloa festucacea* (Willd.) Link, *Scirpus lacustris* (L.) Palla, *Tephroseria palustris* (L.) Reichenb, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud, *Typha latifolia* L., во втором – сообщества болотистых лугов и влажных лугов (с *Carex juncella* (Fries) Th. Fries, *C. disticha* ssp. *lithophila* (Turcz.) Hamet-Ahti, *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Schreb, *Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fern., *Alopecurus arundinaceus* Poir., *Agrostis stolonifera* L. и др.), в третьем – настоящие луга в

разной степени засоленные с *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link, *Puccinellia jacutica* Bubnova, в четвертом – остепненные луга с *Elytrigia repens* (L.) Nevski), *Artemisia commutate* Besser, *Carex duriuscula* С.А. Мей. Для склонов, байджерахов, булгунняхов характерны степные сообщества (с *Stipa krylovii* Roshev, *Festuca lenensis* Drob., *Carex pediformis* С.А.Мей, *Pulsatilla angustifolia* Turcz. (*P. flavescens*) и др. (Гоголева и др., 1987).

На лугово-черноземных почвах с ярко выраженным гумусовым горизонтом, достигающим глубины 16–20 см, произрастает злаково-разнотравно-осоковая растительность. В условиях засушливого климата и многолетней мерзлоты восходящие потоки почвенной влаги в июле и августе преобладают над нисходящими, что способствует развитию засоленных почв и галофитных черт растительности. Вместе с влагой на поверхность выходят и растворенные соли, которые находятся в почвенных слоях.

На опушках лесов, окружающих аласы, можно встретить много берез, зарослей ив и кустарников.

На исследуемой территории обширные площади занимают мелкодолинные луга, которые располагаются в долинах небольших рек на водоразделах. В засушливые годы поверхность почвы здесь периодически просыхает, что значительно замедляет процесс заболачивания.

Почвы мелкодолинных лугов отличаются большим разнообразием. Здесь можно встретить мерзлотные лугово-болотные почвы, которые формируются под влиянием растительных остатков. Эти почвы имеют поверхностное оглеение, особенно под осоковыми и вейниковыми лугами. Под злаково-луговой и осоковой растительностью происходит значительное накопление органического вещества. Иногда можно встретить их солончаковые разновидности.

На территории Лено-Амгинского междуречья суходольные луга занимают небольшие площади. Они образуются на месте выкорчеванной тайги или кустарников, а также на заброшенных человеческих поселениях. Среди суходольных лугов встречаются два основных типа: разнотравно-

пырейные и осоково-разнотравные. На разнотравно-пырейных лугах преобладает пырей ползучий, а из разнотравья особенно выделяются кровохлебки и подмаренники. Осоково-разнотравные луга, в свою очередь, часто формируются на месте заболоченных участков.

Наиболее широкое распространение из суходольных лугов получили средне влажные луга с преобладанием пырея ползучего, а влажные луга заняты зарослями вейника Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin.).

Суходольные луга ежегодно подвергаются покосу и представляют собой ценнейший источник кормовых трав.

В Якутии луга занимают обширные территории и издавна служат основой для животноводства. Среди растений, которые растут на аласных и приозёрных лугах, особенно ценятся те, что обладают высоким содержанием белка и хорошо поедаются животными. К таким растениям относятся бескильница тонкоцветная (*Puccinellia jacutica* Vubnova) и лисохвост тростниковидный (*Alopecurus arundinaceus* Poir.). Для хозяйств Лено-Амгинского междуречья мелководные луга являются главными пастбищами. В засушливые годы их значение возрастает ещё больше.

Растительность водоёмов Лено-Амгинского междуречья изучена недостаточно. Первые шаги в этом направлении были предприняты Е.В. Труфановой в период с 1967 по 1972 годы. Она стремилась определить видовой состав и оценить значение цветковых растений для охотничье-промысловых хозяйств, специализирующихся на разведении ондатры в Центральной Якутии. Однако, почти никто не уделял внимания изучению процессов зарастания водоёмов. Лишь во время геоботанических исследований ботаники описывали прибрежно-водную растительность и собирали гербарий, что нашло отражение во многих работах (Караваев, 1958; Труфанова, Галактионова, 1975; Кононов, 1982, 1989; Гоголева и др., 1987; Филиппова, 2011, 2012 и др.). Типы водных сообществ формируются в зависимости от состояния водоёмов (застойность, глубина, трофность и

другие факторы). Так, в замкнутых и слабопроточных водоёмах с илистым грунтом распространены сообщества рясок, пузырчатки. К песчаным и илисто-песчаным грунтам приурочены рдестовые ценозы.

В 2008 году М.Ф. Бысыина и Е.И. Троева провели экологический анализ флоры аласов Центральной Якутии. Они выделили группы растений, основываясь на их отношении к режиму увлажнения. Для этого они использовали экологическую шкалу, разработанную для Якутии другими исследователями (Королюк и др., 2005). В результате анализа флоры были выявлены следующие группы растений: ксерофиты, мезоксерофиты, ксеромезофиты, мезофиты, гигромезофиты, мезогигрофиты, гигрофиты и гидрофиты.

Ксерофиты произрастают в аласах на сухих южных склонах и остепененных участках. Среди них можно назвать такие виды, как *Artemisia jacutica*, *Carex duriuscula* С.А. Мей., *Agropyron cristatum* (L.) Beauv., *Koeleria cristata* (L.) Pers. и *Stipa capillata* L.

Мезоксерофиты — это виды растений, которые произрастают в условиях небольшого дефицита влаги. Некоторые из них включают: *Festuca lenensis* Drob., *Carex pediformis* С.А. Мей., *Pulsatilla flavescens* (Zuccar.) Juz., *Dianthus versicolor* Fisch. ex Link, *Veronica incana* L. и *Artemisia commutate* Besser.

Ксеромезофитные растения — это виды, которые могут переносить слабый и обычно временный недостаток влаги. Примерами таких растений являются *Elytrigia repens* (L.) Nevski), *Silene repens* Patrin, *Fragaria orientalis* Losinsk., *Plantago canescens* Adam и другие.

Мезофитные растения предпочитают умеренно увлажненные местообитания. В аласных местах мезофиты встречаются в поясе среднеувлажненных лугов, например, *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Festuca rubra* L., *Thalictrum minus* L., *Lathyrus humilis* (Ser.) Spring. и *Veronica longifolia* L.

Гигромезофитные растения произрастают в условиях с небольшим избытком влаги в течение большей части вегетационного периода и могут переносить временное переувлажнение. Они включают виды, которые находятся между поясами со средним и сильным увлажнением, такие как *Rumex maritimus* L. и *Parnassia palustris* L.

Мезогигрофитные растения обитают на местах с повышенной, но не застоявшейся влажностью, таких как сырые луга и хорошо дренированные берега озер. К ним относятся *Carex juncella* (Fries) Th. Fries., *Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin. и *Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fern., *Scolochloa festucacea* (Willd.) Link.

Гигрофитные растения предпочитают постоянно избыточное увлажнение, например, *Carex acuta* L., *Typha latifolia* L. и *Acorus calamus* L. Гидрофитные растения полностью адаптированы к водным условиям, таким как *Potamogeton perfoliatus* L., *Sagittaria natans* Pall. и *Utricularia macrorhiza* Leconte (*U. vulgaris* L.).

Гигромезофиты произрастают в условиях слабого избытка влаги на протяжении большей части вегетационного периода и способны переносить временное переувлажнение. К ним относятся виды, переходные между поясами среднего и сильного увлажнения: *Rumex maritimus* L., *Parnassia palustris* L.

Гигрофиты – растения постоянно избыточно увлажненных местообитаний: *Carex acuta* L., *Typha latifolia* L., *Acorus calamus* L., *Cicuta virosa* L.

Гидрофиты – водные растения: *Potamogeton perfoliatus* L., *Sagittaria natans* Pall., *Utricularia vulgaris* L., *Lemna minor* L.

## 1.2 Краткая характеристика основных водотоков Лено-Амгинского междуречья

Обеспеченность населения республики ресурсами речного стока равна 950,99 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека, что значительно выше среднероссийского показателя (31,72 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека) и показателя Дальневосточного федерального округа (310,704 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека) (Государственный..., 2016). По этому показателю Республика Саха (Якутия) (РС (Я)) занимает третье место среди регионов федерального округа после Чукотского автономного округа и Еврейской автономной области и пятое место в России в целом после Ненецкого, Чукотского, Ямало-Ненецкого автономных округов и Еврейской автономной области.

Речная сеть Лено-Амгинского междуречья представлена притоками больших рек, ограничивающих район с трех сторон: Лены, Алдана и Амги. Наиболее крупные притоки: Тамма, Суола, Туйма, Татта, Танда. Густота речной сети меньше 0,2 км/км<sup>2</sup> (Чистяков, 1964). Питание рек в основном снеговое. Характерно хорошо выраженное половодье.

**Река Лена** длиной 4400 км (вместе с дельтой), площадь бассейна — 2490 тыс. км<sup>2</sup> (Государственный... 2009) – рисунок 1.2.1).

Среднемноголетний сток равен 530,225 км<sup>3</sup>/год (Зайцев, Чалов, 2021). По гидропосту г. Якутска отметка нуля водомерного поста (в Балтийской системе высот) – 85,2 м. Большая часть течения проходит по Центрально-Якутской равнине. На протяжении русла отмечена максимальная глубина в 21 метр. Повсеместное распространение многолетней мерзлоты препятствует питанию рек грунтовыми водами, за исключением геотермальных источников. Основное питание, р. Лены, как и почти всех притоков, составляют талые и дождевые воды. Снеговой режим определяет сезонность в уровне воды в реке, пик которого приходится на позднюю осень, когда таяние снега достигает максимальных значений. В связи с общим режимом осадков для р. Лены характерны весеннее половодье, несколько довольно

высоких паводков летом, и низкая осенне-зимняя межень до 366 м<sup>3</sup>/с в устье (Глушков, 1996).

Критический уровень реки в районе г. Якутска равен 1200 см, выход воды на поймы отмечается при высоте 750 см, уровень опасного явления (подтопление жилых помещений, хозяйственных построек и подсобных хозяйств) – 500 см.

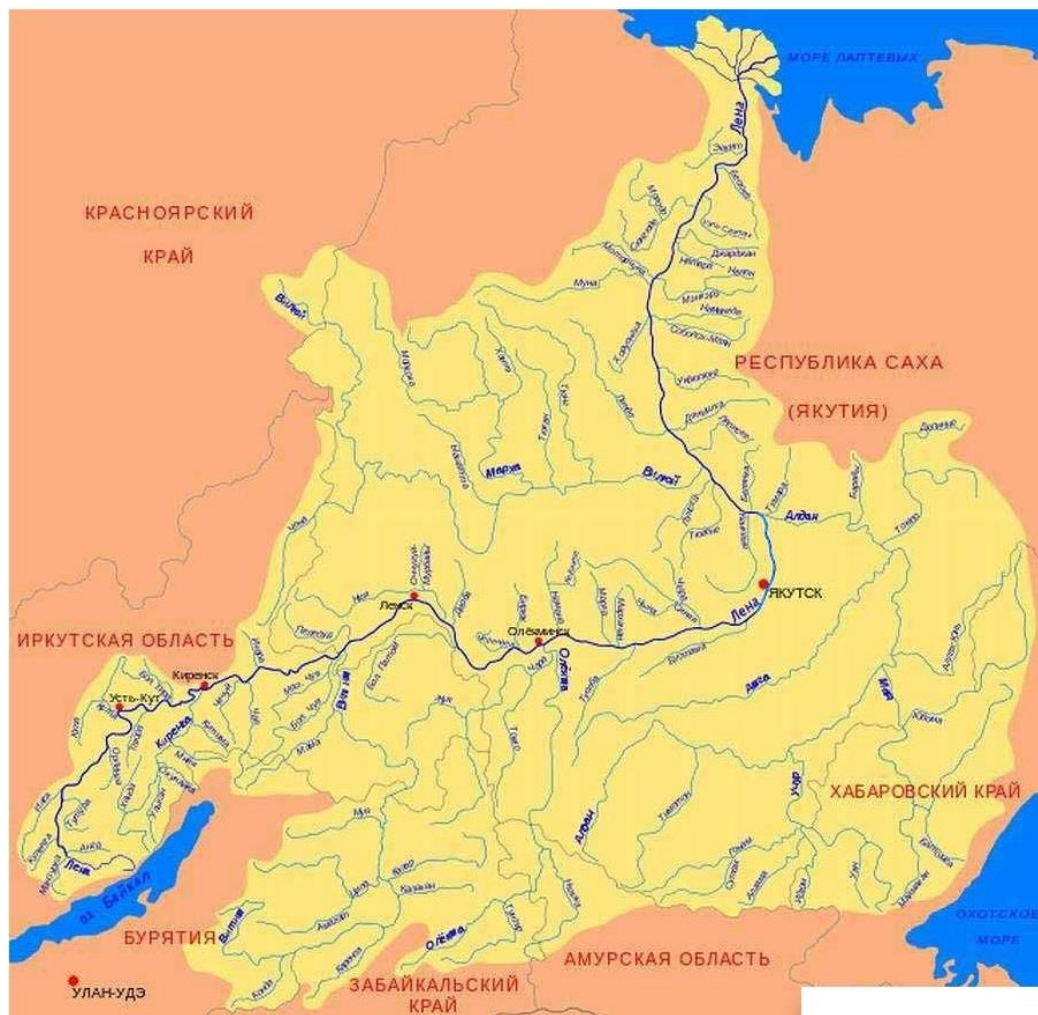


Рисунок 1.2.1 – Карта-схема бассейна реки Лена<sup>2</sup>

Период ледостава длится с октября по май; весеннее половодье происходит в июне–июле; осенние и зимние паводки не характерны; возможны летние паводки и наводнения из-за сильных дождей.

<sup>2</sup> <http://республика-саха-якутия.рф/stati/jakutija/reka-lena.html>

По территории района исследований протекает правобережная часть реки Лена с ее относительно крупными притоками Алдан, Суола, Тамма и Менда.

*Алдан* – крупный приток реки Лены длиной 2276 км (рисунок 1.2.2). Берет начало на северном склоне Станового хребта на границе Амурской области и Якутии, течет по Алданскому нагорью и в начале Верхоянского хребта впадает в реку Лена.

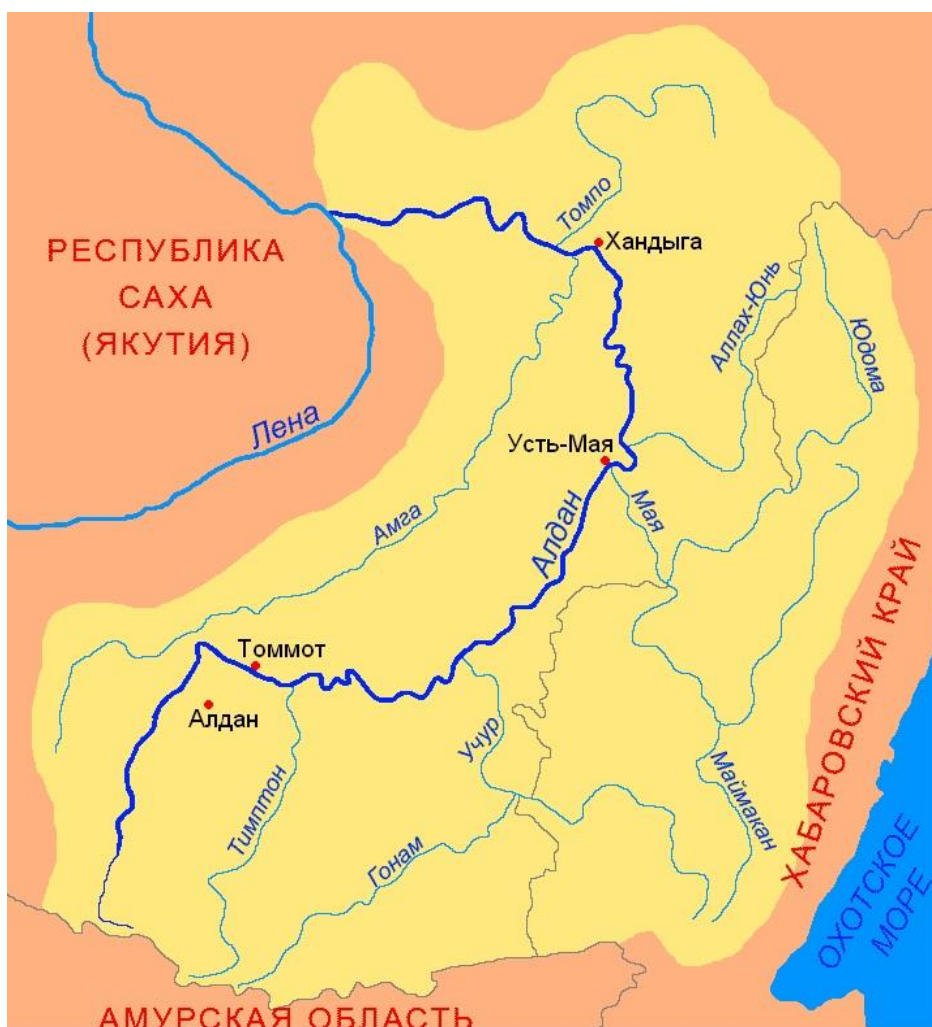


Рисунок 1.2.2 – Бассейн реки Алдан<sup>3</sup>

Средний годовой расход воды 5060 м<sup>3</sup>/с. Имеет более 270 притоков длиной более 10 км. В бассейне около 114 тыс. водотоков и свыше 50 тыс. озёр. Средняя ширина реки около 800 м, в гирле достигает до 3,9 км. Глубина

<sup>3</sup> <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%B3%D0%B0>



составляет от 4 до 6 м. В пределах Лено-Амгинского междуречья река Алдан в нижнем течении огибает северные территории Таттинского и Усть-Алданского улусов.

*Суола* – является правобережным притоком р. Лена и протекает по территории Амгинского и Мегино-Кангаласского улусов. Длина реки – 224 км, площадь водосборного бассейна — 5350 км<sup>2</sup>. Водосбор имеет равнинный характер. Средний уклон реки 1,3‰, в истоке реки представляет собой травянистую речку.

Долина реки Суола на участке с. Бютейдях до с. Суола корытообразная, ширина 2–3 км. Русло реки в плане извилистое, сильно меандрирует, и во многих местах направление русла меняется на обратное. Берега реки невысокие, преимущественно 2–5 м. Среднегодовой расход воды в районе с. Бютейдях (170 км от устья) по данным наблюдений в период с 1950 по 1994 год составляет 0,74 м<sup>3</sup>/с (Гидрографическое..., 2008). Основной приток — Тиере. На водосборном бассейне реки расположены многие населённые пункты, в частности села Тектюр, Томтор, Жанхады, Мукулук, Суола (Морукский наслег) на правом берегу и Суола (Мелдехсинский наслег) на левом берегу.

*Тамма* является самой крупной рекой Мегино-Кангаласского улуса, не считая Лены, ее длина 216 км, площадь водосбора 4430 км<sup>2</sup>. Ширина долины 600–800 м, русло извилистое, песчаное, подвержено значительной деформации. Левый склон долины пологий, высотой 3–5 м, правый – крутой, высотой 15–20 м. В реку Лена она впадает примерно в 20 км выше пгт. Нижний Бестях. Имеет несколько сравнительно крупных притоков, главный из которых река Хомпу длиной 123 км. Река берёт начало на Приленском плато, на крайнем юге Мегино-Кангаласского улуса, от слияния ручьев Кене-Дабан и Илин-Дабан. Протекает большей частью по территории Мегино-Кангаласского улуса, но на одном из участков в среднем течении (около 6 км) служит границей между Мегино-Кангаласским и Хангаласским улусами (районами). Впадает в Хаптагайскую протоку Лены в районе села Хаптагай.

На реке Тамме расположены следующие населенные пункты: Даркылах (Чыамайыкинский наслег) и Хаптагай. Встречаются МТФ, летники, полевые станции, охотничьи зимовья, лесные деляны.

**Река Тамта** длиной 414 км, протекающая полностью в пределах Лено-Амгинского междуречья, является левым притоком Алдана, принадлежит к бассейну реки Лены. Тамта берёт начало у восточного подножия Приленского плато на востоке Среднесибирского плоскогорья и течёт на север по широкой долине. В её бассейне расположено около 2300 озёр. Река в основном питается снегом и замерзает с октября до второй половины мая. С декабря по апрель перемерзает, в засушливые годы летом может пересыхать. Основные притоки: Северная Наммара (56 км) и Куталах (80 км) слева, Хонду (58 км) справа (Глушков, 1996). Поймы рек широкие, слабовыраженные. Летом за счет интенсивного испарения она пересыхает. Для местных жителей река Тамта имеет большое хозяйственное значение. Данный бассейн богат озёрами термокарстового типа, приуроченными к древней аллювиальной равнине. Река протекает в пределах Чурапчинского и Таттинского улусов (районов). В пределах Чурапчинского улуса на реке расположены населенные пункты: Толон (Чакырский наслег), Дябыла (Ожулунский наслег), Харбала 2-я (Болтогинский наслег). Из Таттинского улуса: Кыы (Тыарасинский наслег), Боробул и Даккы (Жохсогонский наслег).

**Река Амга** – левый, самый длинный приток Алдана. Длина – 1462 км, площадь водосборного бассейна — 69 300 км<sup>2</sup>. Берёт начало с Алданского нагорья, где образует узкую глубокую долину с каменистым руслом. Ниже села Тегюльте-Терде долина расширяется, течение реки приобретает спокойный характер. Питание реки Амга имеет в основном снеговое и дождевое. Очень высокое весеннее половодье — подъем воды более 7 метров, частые летние паводки и очень низкий зимний сток. Ледостав с первой половины октября по май. Зимой наблюдается образование наледей. Низовье Амги судоходно. Среднегодовой расход воды в 137 км от устья

составляет 191,42 м<sup>3</sup>/с, в 436 км — 183,98 м<sup>3</sup>/с, в 932 км — 121,79 м<sup>3</sup>/с (Государственный..., 2009).

В пределах района исследований протекает по территории населенных пунктов двух улусов (районов), в том числе, в Амгинском улусе Оннёс (Амгинско-Нахаринский наслег), Болугур (Болугурский наслег), Покровка (Майский наслег), Чакыр 2-й (Чакырский наслег), Амга (Амгинский наслег), Бетюнцы (Бетюнский наслег), Абага (Абагинский наслег), Мэндиги (Мэндигинский наслег), Михайловка (Соморсунский наслег), Сулгаччы (Сулгаччинский наслег); в Чурапчинском улусе – Мындагай и Мырыла (Болугурский наслег).

### 1.3 Обзор исследований озёрных экосистем

Центральная Якутия изобилует озёрами, значительная часть которых расположена в районах с широким развитием термокарстовых процессов и затрудненными условиями стока (Мостахов, 1974). По данным 1974 г. в бассейне р. Лена число озёр достигло 327 863, что в три раза больше указанных значений с учетом многочисленных (малых) озёр с площадью зеркала менее 1 км<sup>2</sup>, сосредоточенных на равнинах и низменной местности (Арэ, 1974).

В этом разделе автор анализирует исследования, опубликованные в разные годы, посвящённые изучению озёрных экосистем, в основном расположенных на территории Лено-Амгинского междуречья. В Приложении 1 собраны публикации, затрагивающие ключевые аспекты лимнологии, такие как морфогенетические, морфометрические, гидрохимические, гидробиологические, седиментологические и другие.

На начальном становлении озероведения в Якутии значительный вклад внесли ученые-мерзлотоведы. Они исследовали разнообразные аспекты абиотических компонентов озёрных экосистем, уделяя особое внимание процессам и явлениям, связанным с мерзлотой. Среди их работ можно

выделить исследования температурных режимов озёр, такие как работы Ф.Э. Арэ (1969, 1974), А.П. Анисимовой (1966) и других авторов. Кроме того, были изучены радиационно-тепловые режимы озёр, включая работы М.К. Гавриловой (1974), М.И. Тишина (1978, 1980) и А.В. Павлова с М.И. Тишиным (1981). Также была исследована термоабразия озёр, например, в работе Ф.Э. Арэ и других авторов (1974). Также изучались вопросы микроклимата озёр, такие как в работах М.К. Гавриловой (1969) и М.К. Гавриловой с П.П. Поповым (1974).

Ранее, в 1942 году, в работе А. Д. Егорова были рассмотрены вопросы химического состава вод некоторых групп озёр (минеральный и гидрологический состав) и их происхождения, учитывая особенности аласов Центральной Якутии. А. Д. Егоров одним из первых выдвинул гипотезу о том, что крупные аласы образуются путём слияния мелких озёр в результате разрушения перемычек между ними.

В процессе поиска и разведки подземных и поверхностных вод, а также их запасов), были опубликованы материалы, посвященные гидрогеохимической характеристике водоёмов Центральной Якутии. Эти исследования проводились различными авторами (Ефимов, 1954; Егоров, Немчинов, 1954; Анисимова, 1957; 1959; Анисимова, Роговская, 1974; Анисимова, Павлова, 2014) и многими другими.

Анализ публикаций, посвященных динамике уровня аласных озёр (Егоров, 1942; Ефимов, 1946, 1950; Немчинов, 1958; Соловьев, 1961; Босиков, 1977; 1991; Кравцова, Тарасенко, 2011; Родионова, 2014; Séjourné et al., 2015; Ulrich et al., 2017a, b), показал, что изменения их параметров (площадь, глубина), в Центральной Якутии происходят с определённой периодичностью. В сводной таблице 1.3.1 представлены данные по обводнению термокарстовых озёр, собранные рядом исследователей (Немчинов, 1958; Соловьев, 1961; Босиков, 1991). Эти данные в целом согласуются друг с другом.

**Таблица 1.3.1** – Обзор исследований уровня режима термокарстовых озёр (по Родионовой Т.В., 2014)

Фаза обводнения	А.Ф. Немчинов, 1958	П.А. Соловьев, 1961	Н.П. Босиков, 1991
Низкая	1888-1900	1890-1900	1891-1901
Высокая	1901-1918	1901-1914	1902-1917
Низкая	1920-1931	1915-1947	1918-1930
Высокая	1934-1940		1931-1934
Низкая	1941-1945		1935-1950
Высокая	1946		
Низкая	1947-1949		
Высокая	1950-...	1948-...	1951-1973
Низкая			1974-1980
Высокая			1981-1984
Низкая			1985-1990

Причины периодического изменения уровня воды в озёрах связывают с колебаниями количества осадков, выпадающих в разные времена года.

Вслед за чередованием многоводных и маловодных периодов были выявлены регулярные межгодовые колебания площади озёр — её увеличение и уменьшение (Fedorov et al., 2003; Brouchkov et al., 2004; Katamura et al., 2009; Desyatkin et al., 2009; Кравцова, Тарасенко, 2011; Родионова, 2014; Нестерова и др., 2021). Эти изменения в основном обусловлены естественными климатическими факторами.

Классификация озёр — одна из самых сложных задач в отечественном озероведении. Важным шагом в развитии науки о якутских озёрах стало создание И.И. Жирковым морфогенетической классификации (Жирков, 1983а; 2000; 2014). В соответствии с этой классификацией, озёра Якутии делятся на 14 типов по своему происхождению: водно-эрозионные, термокарстовые, эрозионно-термокарстовые, тукулановые (дефляционные), дельтовые, нагорно-плоскогорные и другие.

В работе С.Н. Левиной и Л.А. Пестряковой (2023) представлен интересный проект – региональная эколого-лимнологическая классификация (РЭЛК), разработанная на примере бассейна р. Индигирка. Структура этой классификации состоит включает три параметра: географический, физико-химический и гидробиологический, а также 18 признаков и 106 показателей,

для которых предусмотрены специальные коды. Эта классификация может полезна для решения задач, связанных с озёрным природопользованием и оценкой ресурсов на региональном и локальном уровнях. Например, в РЭЛК при паспортизации озёр урбанизированных территорий (в городах) предлагается дополнительно использовать такие показатели, как содержание общего азота, БПК<sub>5</sub>, ХПК, растворенный кислород и другие, которые используются для оценки степени загрязненности водоёмов (Давыдова и др., 2023).

В современных лимнологических исследованиях проводятся разносторонние подходы с использованием абиотических параметров озёрных экосистем Лено-Амгинского междуречья с участием многих специалистов (географы, биологи, экологи, химики и другие).

В 1980-е годы исследования, посвященные изучению качества и запасов озёрных отложений, особенно сапропеля, стали более интенсивными (Анисимова, 1974; Дмитриева, Голдобин, 1983; Жирков, 1983; Гаврильев, Дмитриев, Иванов, 1983; Иванов, Герасимова, 2000; Иванов и др., 2015). Эти исследования рассматривались как перспективный источник ресурсов для народного хозяйства (Босиков, 1983; Жирков, 1983б; Иванов 1998; Корнилова, 2000; Иванов и др., 2014). Также они представляли интерес как лечебные грязи для использования в здравоохранении (Мярикянов и др., 1983; Сафонова, 2010; Винокурова, 2012; Апросимова, 2013).

Стратиграфия донных отложений озёр используется в качестве источника информации об изменении окружающей среды в позднем плейстоцене и голоцене. Для исследуемого региона проводились с применением спорово-пыльцевого анализа (Андреев, Климанов, 1989; Андреев и др., 1989; Андреев, 2000; Андреев и др., 2002; Katamura et al., 2006; Popp, 2006 и др.), анализа диатомовых водорослей (Пестрякова, 1994, 1995, 1998, 2000; Пестрякова и др., 2008; Субетто, Пестрякова, 2008; Pestryakova et al., 2012; Pestryakova et al., 2017; Glückler et al., 2022; Baisheva et al., 2023), анализа хирономид (Назарова и др., 2008, 2009; Nazarova et al.,

2008, 2011, 2013), анализа остракод (Wetterich et al., 2008) и анализа кладоцеровых комплексов (Frolova et al., 2014; 2016, 2017).

Для количественного анализа структуры озёрных котловин активно используются морфометрические параметры (Пестрякова, 1983; Нестерева, 2012; Ксенофонтова, 2009; Ушницкая и др., 2014; Городничев, 2016; Ядрихинский, 2017; Ушницкая и др., 2021-2022; Левина, 2023; Давыдова, 2023).

В последние десятилетие в Республике Саха (Якутия) наблюдается активное развитие гидрохимических исследований, что обусловлено потребностями сельского хозяйства и промышленности. Особое внимание уделяется изучению химического состава внутренних водоёмов, таких как, озёра, расположенные на Лено-Амгинском и Лено-Алданском водоразделах, а также на отдельных участках реки Лена и ее притоков – Алдана, Амги, Вилюя и других (Егоров, Немчинов, 1954; Брюханов, 1960; Веселовский и др., 1972). В 1923 году была обследована группа озёр Мегино-Кангаласского района, включая озёра Абалах и Тураннаах, известные своими лечебными свойствами, которые были исследованы в 1932 году.

В различных работах, включая исследования И.И. Жиркова (1981) и коллег (Пестрякова и др., 2006; Ксенофонтова, 2006, 2009, 2013; Kumke et al., 2007; Трофимова, 2007, 2011; Константинов, Николаева, 2018; Трофимова, 2020; Ушницкая и др., 2021; Ушницкая, Городничев, 2022 и др.), где представлены современные гидрохимические характеристики водных масс озёр Лено-Амгинского междуречья.

Из всех биотических компонентов наиболее изученными являются гидробионты пресноводных экосистем озёр Лено-Амгинского междуречья. Различные специалисты-гидробиологи в разные годы посвящали свои работы изучению сообществ зоопланктона и зообентоса озёр этого региона (Комаренко, 1969; Ларионова, 1983; Федорова, Ларионова, 1983; Кириллов, 2000; Соколова и др., 2000; Ушницкая и др., 2010; Собакина, 2013; Фролова и др., 2014 и др.).

В рамках биологии можно выделить направление, посвященное изучению биоразнообразия и биоиндикации фитопланктонных сообществ водоёмов региона. Одними из первых работ, посвященными водорослям озёр Центральной Якутии, стали материалы лимносъёмки, собранные в 1932 году (Кисилев, 1935). В последующие годы были проведены исследования различных отделов альгофлоры водоёмов, притоков реки Лена (Комаренко, 1956, 1962; Васильева, Пшенникова, 1992; Пшенникова, 1999, 2000; Иванова, Копырина, 1999; Иванова, 2010 и др.), а также аласных озёр (Пшенникова, 2004; Пестрякова, 2008 и др.).

В работах Л.А. Пестряковой с коллегами опубликованных в 2005-2009 годах, рассматриваются комплексные показатели современного геоэкологического состояния озёр (Пестрякова и др., 2005, 2007; Пестрякова, 2005, 2008, 2009; Ушницкая и др., 2010; Егоров, 2023). Эти исследования также отражают хозяйственное значение озёр, о чем пишут Р.М. Городничев с соавторами в 2022 году. В работах (Жирков, 2014; Жирков и др., 2017, 2018; Городничев и др., 2022) предлагаются рекомендации по улучшению состояния водных экосистем. Эти исследования помогают лучше понять, как озёра влияют на окружающую среду, и способствуют разработке эффективных мер по их защите.

Важной составляющей научной работы является систематизация количественных и качественных данных об изучаемых объектах. Эти данные, собранные в электронной базе, обеспечивают удобную основу для глубокого анализа с использованием современных информационных и статистических методов.

В ходе изучения публикаций было обнаружено две базы данных: «Озёра Центральной Якутии» (Пестрякова и др., 2014) и «Зоопланктонные и некоторые химические показатели вод озёр правобережья р. Лена по генетическим типам» (Трофимова и др., 2021). Обе базы данных были официально зарегистрированы и получили свидетельства Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент) РФ.



Представленный выше обзор исследований, посвящённых изучению озёрных экосистем, даёт возможность получить теоретические обоснования и фактические лимнологические и геоэкологические данные о состоянии озёрных ресурсов в разные годы. Собранные материалы и разработанные научные рекомендации по рациональному использованию природных ресурсов озёр, их котловин и донных отложений легли в основу составления региональных комплексных социально-экономических и отраслевых программ развития хозяйства Республики Саха (Якутия).

#### **1.4 Краткие выводы к главе 1**

Границы Лено-Амгинского междуречья очерчены реками Лена (на востоке), Амга (на западе), Алдан (на севере) и отрогами кряжа Селлякайт-Селля (на юге). Эта территория отличается богатым разнообразием рельефа и ландшафтов, что обусловлено наличием сплошного распространения многолетней мерзлоты, которая занимает большую часть региона. Здесь активно развиваются термокарстовые процессы, что приводит к образованию множества мелких озёр. Особенно широкое развитие получил термокарстовый аласный рельеф, который можно встретить на многих участках.

Климат района умеренный резкоконтинентальный с большими суточными и годовыми перепадами температур (средняя температура января до  $-47,7$  °С, июля – до  $+19,6$  °С), малым количеством осадков (210-250 мм) и высокой испаряемостью (250-300 мм). Продолжительность периода положительных температура воздуха достигает 145 дней. Заморозки возможны в течение всего летнего периода. Снежный покров держится более 7 месяцев (до 215 суток).

Исследуемый регион расположен в зоне сплошного распространения ММП и отличается разнообразием геокриологических условий. Средняя глубина залегания ММП составляет около 300–350 м. Температурный режим

мерзлых пород в междуречьях может существенно различаться в зависимости от местности. Например, на глубине 10 м в долине реки Татты температура составляет  $-1,0$  °С, в низовьях –  $-3,8$  °С, а у с. Чурапча –  $-3,1$  °С. Мощность сезонно-талого слоя может варьироваться от 0,4 м на торфяных отложениях до 4,5 м на песчаных грядках.

В исследуемом районе основным типом почв являются мерзлотные палевые почвы, образующиеся на карбонатных покровных суглинках. Однако на аласах можно встретить разнообразные почвы: аласные болотные, аласные луговые и аласные остепенённые. Эти почвы заметно отличаются от зональных по своему происхождению, составу и свойствам. Все почвы аласов в той или иной степени засолены сульфатно-содовым или сульфатно-хлоридным засолением.

Растительность в Лено-Амгинского междуречье представлена, преимущественно лесами, занимающими около 60-70% территории. В этих лесах доминируют лиственница Гмелина (86%), сосна обыкновенная (8%) и берёза плосколистная (2%). Кроме того, в районе встречаются разнообразные типы лугов: аласные, суходольные и мелкодолинные. Они формируют уникальный таёжно-аласный ландшафт, который служит основой для развития животноводства в регионе.

Речная сеть Лено-Амгинского междуречья включает притоки крупных рек, которые ограничивают этот район с трёх сторон: Лены, Алдана и Амги. Наиболее крупные притоки: Тамма, Суола, Туйма, Татта и Танда. Густота речной сети – менее  $0,2$  км/км<sup>2</sup>. Период ледостава здесь длится с октября по май. Питание рек преимущественно снеговое, что обуславливает ярко выраженное половодье, которое наблюдается в июне-июле.

В Центральной Якутии систематические исследования различных аспектов озёр проводятся с 1940-х годов. Значительный вклад в изучении водоёмов на начальном этапе внесли ученые-мерзлотоведы. Они уделяли особое внимание изучению абиотических компонентов озёрных экосистем, сосредоточившись на процессы и явления, связанных с мерзлотой. В

настоящее время можно выделить несколько основных направлений научных исследований, объектом которых являются озёра: изучение абиотических параметров; исследования гидробионтов и комплексные геоэкологические научные работы.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Объект исследования и сбор фактического материала

Объектом исследования являются 205 озёр различного генезиса, расположенные на территории пяти улусов (районов) Республики Саха (Якутия) (РС (Я)) – восточная часть Центрально-Якутской равнины на правом берегу р. Лена и на левом берегу среднего и нижнего течения р. Алдан (рисунок 2.1.1).

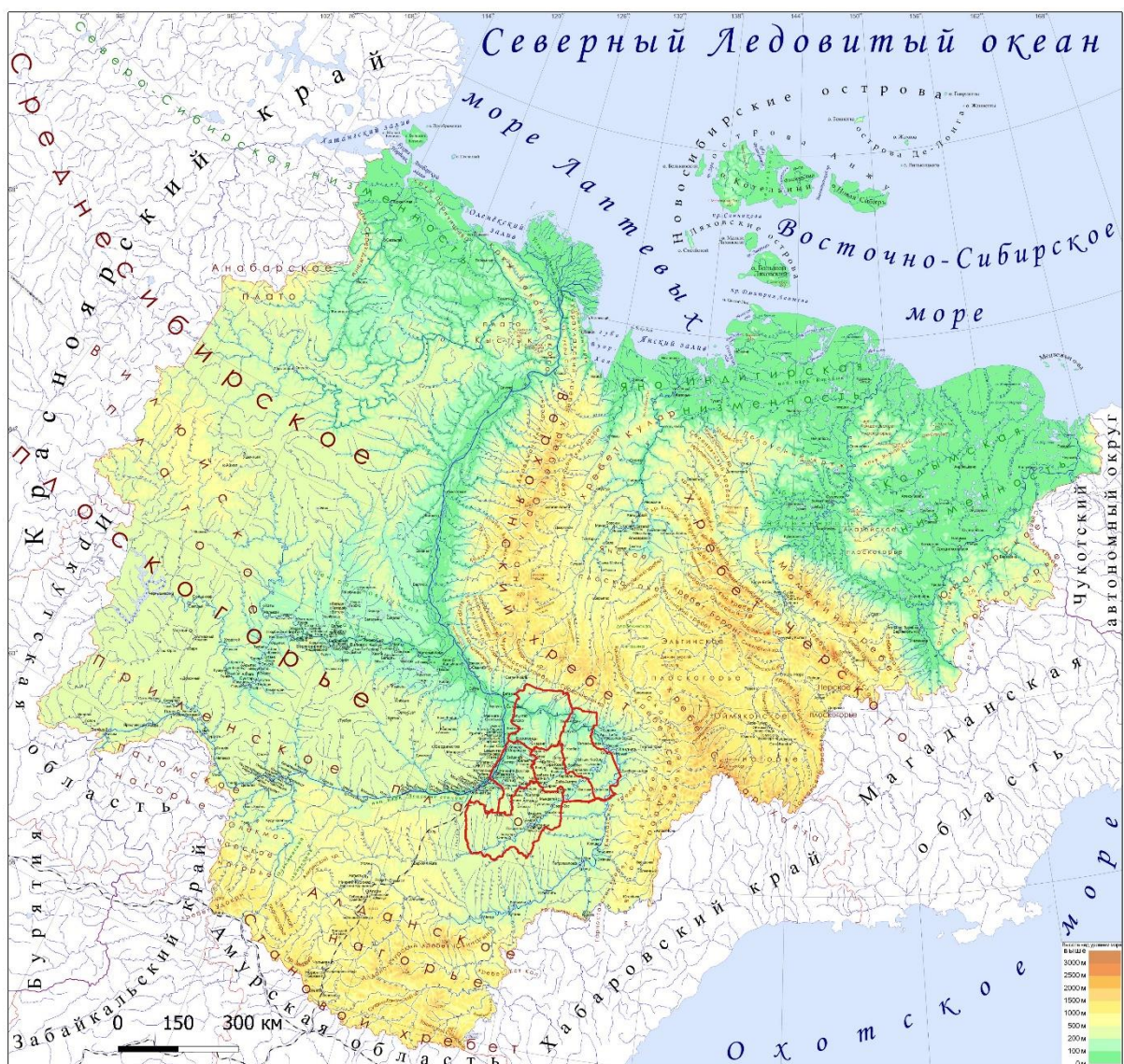


Рисунок 2.1.1 – Карта-схема Лено-Амгинского междуречья (красные линии)

Изученные озёра расположены между  $60^{\circ}92'$  –  $62^{\circ}37'$  с. ш. и  $129^{\circ}69'$  –  $134^{\circ}61'$  в.д. Абсолютные высоты месторасположения озёр находятся в пределах от 96 м до 278 м над уровнем моря на равнинно-холмистых территориях. Плотность озёр в этом районе колеблется от 30 до 65 и более на  $100 \text{ км}^2$  (Атлас..., 1989).

В ходе исследования экосистемы озёр были разделены на группы, каждая из которых отличалась своими природными и административно – территориальными особенностями:

1. По речным террасам (согласно Соловьёву, 1959) (Приложение 2):

- озёра Абалахской террасы (64);
- озёра Бестяхской террасы (12);
- озёра Маганской террасы (45);
- озёра Тюнгулонской террасы (63);
- озёра Эмильской террасы (20);
- озеро поймы (низкая терраса) реки Лена (1).

2. По морфогенетической классификации, разработанной И.И. Жирковым (1977; 1983; 2000; 2014) озёра делятся (Приложение 3):

- термокарстовые (85);
- водно-эрозионные (46);
- эрозионно-термокарстовые (47);
- тукулановые (3);
- термокарстово-антропогенные (16);
- эрозионно-термокарстово-антропогенные (8);

В процессе анализа морфометрических характеристик (см. Приложение 3) автор предложил ввести (две последние типы) дополнительные параметры, которые играют ключевую роль в оценке источников загрязнения озёр, расположенных вблизи населённых пунктов. К таким параметрам относятся расстояние водоёма от поселения и его расположение относительно границ деревни.

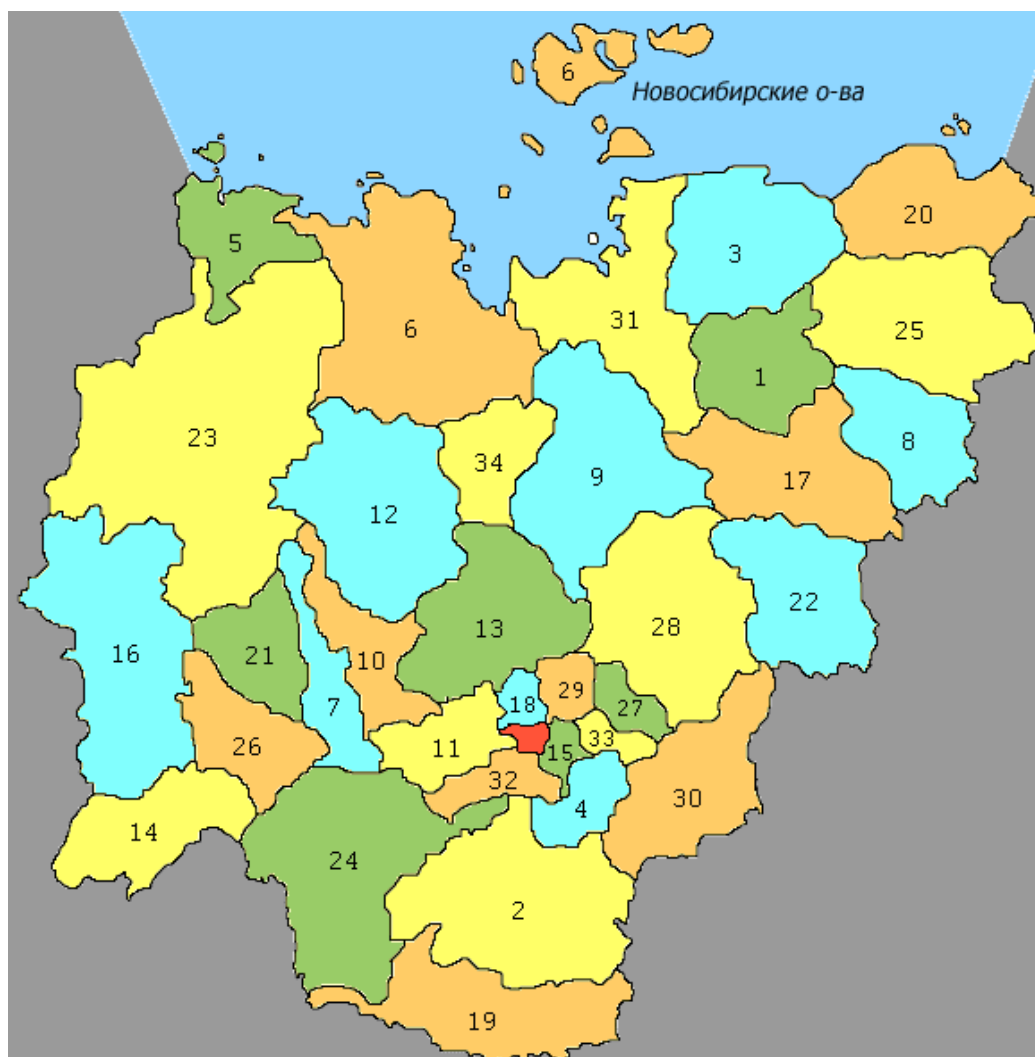
**Таблица 2.1.1** – Лимнологические, географические и физико-химические параметры озёр

Морфометрические параметры	Гидрохимические (и прозрачность) параметры	Параметры местоположения озера
Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Прозрачность, м	Широта местности (с.ш.)
Удельный водосбор	Величина относительной прозрачности	Долгота местности (в.д.)
Заболоченность, %	pH	Высота над уровнем моря, м
Облесенность, %	Температура, °С	Улус (район)
Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	Жесткость общая, °Ж	Сельское поселение (наслед)
Глубина максимальная, м	Минерализация, мг/л	Населенный пункт (наслед. пункт)
Глубина средняя, м	Электропроводность, мкСм/см	Направление от насел. пункта
Длина озера, км	Ca <sup>2+</sup> , мг/л	Расстояние озера от насел. пункта
Ширина максимальная, км	Mg <sup>2+</sup> , мг/л	Расстояние озера до ближайшей реки
Ширина средняя, км	∑Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> , мг/л	Тип генезиса озера
Длина береговой линии, км	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	Бассейн реки, междуречье
Показатель удлиненности	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	Террасы среднего течения реки Лены
Изрезанность береговой линии	Cl <sup>-</sup> , мг/л	
Показатель емкости	Fe, мг/л	
Приблизительный объем, км <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	
Форма озера по удлиненности	NO <sub>2</sub> <sup>+</sup> , мг/л	
Степень развития береговой линии	Fe <sup>2+</sup> , мг/л	
	Fe <sup>3+</sup> , мг/л	
	Сумма катионов	
	Ca <sup>2+</sup> %	
	Mg <sup>2+</sup> %	
	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	
	Сумма анионов	
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> %	
	Cl <sup>-</sup> %	
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> %	

Изученные озёра приурочены к территориям 55 населенных пунктов, входящих в 66 сельских поселений (наследов) Амгинского, Мегино-Кангаласского, Таттинского, Усть-Алданского и Чурапчинского улусов (районов). Примерно чуть менее половины (41%) изученных озёр, согласно морфогенетической классификации И.И. Жиркова (Жирков, 1977; 1983; 2000; 2014), имеют термокарстовое происхождение. Остальные озёра относятся к водно-эрозионному (22%), эрозионно-термокарстовому (23%) и тукулановому (2%) типам. Также автором отдельно выделены

термокарстово-антропогенные (8%) и эрозионно-термокарстовые антропогенные (4%) типы озёр.

3. По улусам (районам), сельским поселениям и населённым пунктам (Приложение 4; рисунок 2.1.2).



**Рисунок 2.1.2** – Карта-схема административно-территориального устройства Республики Саха (Якутия). Красным выделена территория города республиканского значения Якутск (соответствующая двум городским округам «город Якутск» и «Жатай»)

Районы исследования: 4 – Амгинский; 15 – Мегино-Кангаласский; 27 – Таттинский; 29 – Усть-Алданский; 33 – Чурапчинский.

В исследовании были использованы архивные лимнологические и физико-химические данные, собранные с 1979 по 1994 год лабораторией озероведения БГФ (ныне ЭГО ИЕН).

Материалы для диссертации были получены при непосредственном участии автора в ходе полевых работ, которые проводились в период с 2002 по 2021 год. Эти работы были организованы в рамках проектов и хоздоговоров, в том числе: по целевой республиканской программе «Фундаментальные исследования и содействие НТП», Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (ГЗ МОН РФ) и за счет экспедиционных грантов Института имени Альфреда Вегенера Центра полярных и морских исследований имени Гельмгольца (АВИ, Германия) при непосредственном участии специалистов из РГПУ имени А.И. Герцена.

Автор лично участвовал во всех этапах исследования: выполнял все расчеты, картографические работы, определял морфометрические параметры озёр и проводил статистический анализ.

## **2.2 Методы полевых и лабораторных исследований, статистический анализ**

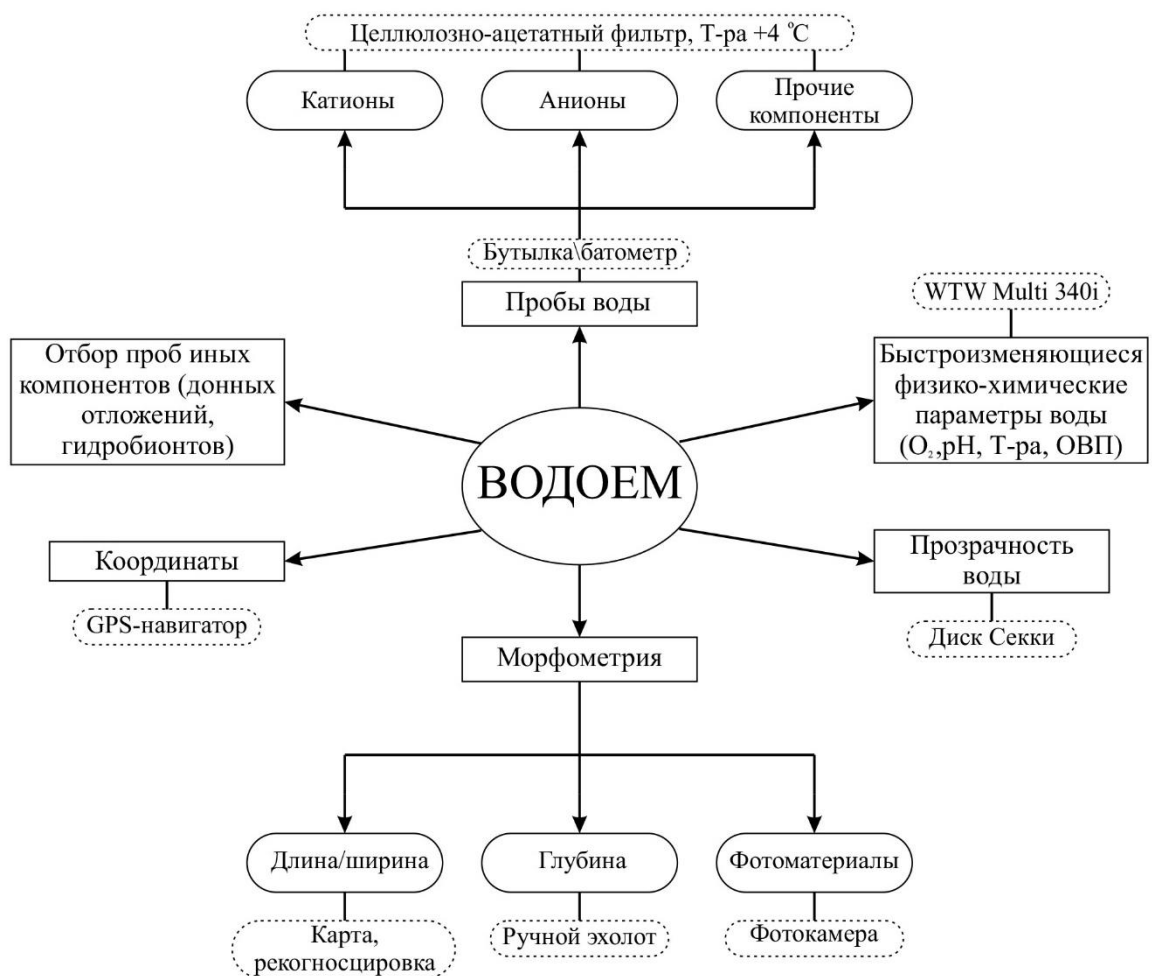
Полевые исследования проводились с 2002 по 2021 годы на основе собранных материалов по паспортизации озёр в сельских поселениях. Эти работы проводились: лабораторией Озероведения кафедры географии БГФ (ныне ИЕН) (рук. И.И. Жирков) и лабораторией Биом под руководством Л.А. Пестряковой совместно с сотрудниками АВИ и РГПУ им. А.И. Герцена.

Полевые работы на каждом конкретном озере и на его водосборном бассейне велись по единой программе исследований с использованием общепринятых методик (Алекин, 1953; Алекин и др., 1973; Руководство..., 1977; СанПиН 4630-88; ГОСТ 31861-2012; Даувальтер, 2006, 2012; Сандимиров, 2018; Городничев и др., 2017) при помощи стандартного набора вспомогательных средств и оборудования. Алгоритм выполнения полевых работ приведен на рисунке 2.2.1. Сбор полевого материала проходил в летний период с июля по август за период 2002–2021 гг.



Для передвижения по поверхности водоёмов использовалась надувная резиновая лодка. Пробы воды для гидрохимического анализа были собраны в соответствии с требованиями ГОСТа 31861-2012 в поверхностном слое воды на глубине до 0,25 м. Затем они были упакованы в стерильные пластиковые бутылки объёмом 1 л. Работы производились с максимальной глубины озера. Отобранные пробы воды хранились при температуре +4 °С.

В полевых условиях были собраны пробы воды для определения концентраций основных катионов и анионов. Пробу фильтровали в стерильные ёмкости через целлюлозно-ацетатный фильтр с размером пор 0,45 мкм. Чтобы определить концентрацию катионов в пробу, в неё добавили концентрированную азотную кислоту (65%) и довели уровень pH до 2. Это позволило сохранить пробу для анализа.



**Рисунок 2.2.1** – Алгоритм проведения полевых работ на исследуемых озёрах (составлено автором)

В полевых условиях был использован сертифицированный многопараметрический портативный измеритель WTW Multi 340i, номер по ГосРеестру: 47448-11. Он использовался для замеров быстро меняющихся физико-химических характеристик воды: концентрации растворенного кислорода; уровня рН; температура воды; окислительно-восстановительного потенциала и удельной электрической проводимости. Содержание гидрокарбонатов было определено методом титрования в полевых условиях с использованием набора для исследований Visocolor Alkalinity Al 7, артикул 915 207. Все измерения были выполнены в течение первых суток после отбора проб.

Прозрачность воды измерялась с помощью диска Секки (Tyler, 1968). Глубина определялась ручным эхолотом Hondex PS-7 (Япония), с максимальной глубиной сканирования до 80 м. Координаты были зафиксированы портативным GPS-навигатором. Кроме того, был рассчитан коэффициент относительной прозрачности воды ( $Z_b$ ) в баллах. Точность определения  $Z_b$  при спокойной воде составило  $\pm 0,5$  м, а при волнении до 4 баллов она равна  $\pm 1-2$  м (Китаев, 2007).

**Лабораторно-камеральная обработка по определению физико-химических параметров воды.** Для измерения массовых концентраций гидрохимических параметров были использованы общепринятые сертифицированные методики. Исследования проводились в следующих лабораториях: ФГУ «Центргоссанэпиднадзора в РС (Я)»; ГУП РС (Я) «Центргеоаналитика»; Химическая лаборатория водных экосистем ИПЭС АН РС (Я) (ныне НИИПЭС СВФУ); Специализированная лаборатория АВИ (г. Потсдам, ФРГ). Полный перечень методов, используемых для определения физико-химических параметров озёрных вод представлен в Приложении 6.

В рамках проектов АВИ были проведены лабораторные исследования, в которых автор принимал участие. Работы проводились в лаборатории геохимии АВИ в городе Потсдам, Германия. Для определения массовых

концентраций анионов (включая ионы аммония), растворенных в пробах воды, был использован ионный хроматограф системы высокого разрешения жидкостной хроматографии (Dionex DX-320). Концентрации основных катионов и общего железа были установлены на оптическом эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Perkin Elmer Optima 3000XL. В общей сложности было проведено более 500 различных химических анализов.

Для определения местоположения и характеристик озёр была использована топографическая карта масштаба 1:100 000 и GPS/ГЛОНАСС – навигатор. Абсолютная высота местности и кратчайшее расстояние от каждого озера до ближайшей реки и населенного пункта измерены в программе Google Earth Pro (время обращения ноябрь 2018 г.). Расстояние до ближайшей реки измерялось от точки береговой линии озера, которая находится ближе всего к обозначенной реке, как это обозначено (Городничев и др., 2017).

**Определение морфометрических параметров озёр.** Используемые в работе рассчитанные морфометрические параметры приведены в Приложении 7. Описание морфометрических характеристик озёрных экосистем охватывает не только границы, занимаемые их водной массой, но и включает расчётные данные о водосборной площади, степени облесенности и заболоченности.

Максимальная глубина каждого водоёма была определена в ходе полевых исследований с использованием ручного эхолота. Длина, максимальная ширина, площадь и длина береговой линии были измерены для каждого водного объекта в программе Google Earth Pro (время обращения август-сентябрь 2018 г.). Средняя ширина, показатели удлиненности и развития береговой линии, а также объём воды в водоёме были рассчитаны на основе батиметрических схем озёр.

**Статистическая обработка данных.** Для предварительной обработки данных и создания таблиц использовалась программа Microsoft Excel

(Пестрякова и др., 2014). Кластерный и корреляционный анализы проводились с помощью программы PAST Ver. 4.0 (Hammer et al., 2001).

В данной работе для кластеризации был использован метод Варда. В качестве меры близости между кластерами было выбрано евклидово расстояние. Кластеризация проводилась для всей выборки из 205 озёр по 24 показателям (таблица 2.2.1), которые были предварительно стандартизированы с помощью Z-преобразования. Это позволило исключить влияние различий в размерности характеристик. Процесс стандартизации осуществляется следующим образом: из каждого индивидуального значения параметра вычитается среднее арифметическое значение этого параметра, рассчитанное для всей исследуемой выборки из 205 озёр. Затем результат делится на стандартное отклонение соответствующей характеристики, также полученное для всей выборки.

**Таблица 2.2.1** – Параметры озёр, используемые для кластерного анализа данных

<b>Морфометрические характеристики</b>	<b>Физико-химические параметры воды (и прозрачность)</b>
Площадь озера, км <sup>2</sup>	Прозрачность воды, м
Глубина макс., м	pH
Глубина средняя, м	Общая жесткость, °Ж
Коэффициент глубинности	Минерализация, мг/л
Коэффициент ёмкости	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л
Длина озера, км	Ca <sup>2+</sup> , %
Ширина макс., км	Mg <sup>2+</sup> , %
Ширина средняя, км	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> , %
Длина береговой линии, км	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , %
Коэффициент удлинённости	Cl <sup>-</sup> , %
Форма котловины по удлинённости	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , %
Степень изрезанности береговой линии	

Для корреляционного анализа автор воспользовался коэффициентом ранговой корреляции Спирмена (Spearman, 1904) – r. Уровень значимости был установлен на уровне  $p < 0,05$ . Анализ был проведён как для всех 205 озёр, так и для озёр каждого морфогенетического типа в отдельности. В процессе анализа были рассмотрены все параметры, используемые в работе в Приложении 8. Наличие статистических взаимосвязей проверялось с

помощью двумерных графиков рассеивания. На этих графиках по осям были отложены значения характеристик, между которыми выявлена корреляционная связь.

Для осуществления кластеризации озёр автор использовал следующие морфометрические параметры: площадь водного зеркала, длину и ширину озера, а также его максимальную и среднюю глубины. На основе этих характеристик были рассчитаны коэффициент удлиненности и степень развития береговой линии (Григорьев, 1959). Для типизации озёр по площади водного зеркала была применена классификация П.В. Иванова (Иванов, 1948).

В приложении 9 представлены статистические данные по основным абиотическим параметрам исследованных разнотипных озёр Лено-Амгинского междуречья, которые охватывают 45 параметров различных характеристик.

В диссертационной работе автор обращается к классификации озёр, которые широко используются в России и странах СНГ. Среди них:

- классификация по максимальной глубине (по С. П. Китаеву);
- классификация по площади зеркала (по П. В. Иванову);
- классификация по форме поверхности озёрной котловины (С. В. Григорьева) (приводится по: Мякишева, 2009).

Также автор предлагает анализ морфогенетической классификации озёр, разработанной для Якутии И.И. Жирковым (1983), в эту классификацию автор добавляет антропогенно-нарушенные водоёмы: термокарстово-антропогенные (ТеА) и эрозионно-термокарстово-антропогенные (ЕТА).

Картосхемы района исследования и прилегающих территорий были составлены с применением атласов Якутии (Атлас сельского..., 1989; Атлас Якутской..., 1981; Мерзлотно-ландшафтная..., 2018) и другие.

Графические изображения, основанные на кластерном анализе данных по морфометрии, гидрохимии и прозрачности воды, были разработаны в

программном обеспечении Statistica и растровом графическом редакторе Microsoft Paint.

### **2.3 Краткие выводы к главе 2**

В основу данной диссертации легли результаты (полевых) исследований 205 озёр, проведённых в период с 2002 по 2021 год на территории пяти муниципальных образований РС (Я).

При составлении морфометрических характеристик были добавлены новые параметры: расстояние от водоёма до населённого пункта и направление расположения озера относительно сельского поселения. Эти параметры необходимы для выявления источника загрязнения озёр в населённых пунктах.

В ходе исследования, озёрные системы были объединены в группы различным критериям: по происхождению озёрных котловин; по расположению на речных террасах; по принадлежности к улусам (районам), сельским поселениям и населённым пунктам.

Для сбора полевого материала был применён широкий спектр методов, включая лабораторные исследования физико-химических параметров воды и статистический анализ полученных результатов.

Исследование основано на стандартных методах лимнологии, гидрохимии и геоинформатики, что позволяет получить достоверные данные о состоянии озёрных экосистем.

### ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЁРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ

#### 3.1 Геоморфологическое районирование озёр по террасам среднего течения реки Лена

Современные озёра – элементы географической оболочки Земли, экологические особенности которых обусловлены их происхождением, географическим положением, характером водосборных территорий и строением озёрных котловин. Огромное разнообразие озёрных экосистем является итоговым выражением природных процессов, присущих озёрам как водоёмам замедленного стока (Теоретические..., 1993).

В геолого-геоморфологическом отношении Лено-Амгинское междуречье является частью Центрально-Якутской низменности, расположенной в провинции Среднесибирского плоскогорья.

Исследуемый район простирается примерно от  $60^{\circ}55'$  до  $63^{\circ}22'$  северной широты и между  $129^{\circ}6'$  и  $134^{\circ}36'$  восточной долготы. Большинство изученных озёр расположены на территории Лено-Амгинского междуречья, включающей полностью или частично Амгинский, Мегино-Кангаласский, Таттинский, Усть-Алданский и Чурапчинский улусы (административные районы). Следует отметить, что объекты исследования – озера, являются источниками питьевых и хозяйственно-бытовых нужд для сельских поселений. В диссертационном исследовании используется принцип «природа – хозяйство», т. е. рассматривается во взаимосвязи система «террасы р. Лены – генезис озёр – морфометрические и гидрохимические параметры озёр – улусы – наслеги – сельские поселения» (рисунок 3.1.1).

Центральноякутская равнина (низменность), включающая долины рек Лены, Вилюя и Алдана в их нижнем и отчасти среднем течении и соответствующие междуречные равнины, представляет собой область

устойчивого опускания и осадконакопления в мезозойскую эру, а в центральной части и в кайнозойское время (Толстихин, Некрасов, 1972). Строение поверхности равнины в основном определяется морфологией речных долин.



**Рисунок 3.1.1** – Схема описания изученных озёр по принципу «природа – хозяйство» (составлено автором)

Для криолитозоны среднего течения реки Лены П.А. Соловьёвым (1959) выделена лестница из 11 террас (включая пойменную часть), разделенная на три уровня: 1) низкие аккумулятивные террасы: пойменная, Якутская и Сергеляхская; 2) средневысотная аккумулятивно-эрозионная терраса: Маганская; 3) высокие эрозионные террасы: Эмильская, Киренская, Верхоленская. Эти формы рельефа разнородны и делятся на три типа: 1) нормальные речные террасы; 2) аллювиальные равнины; 3) денудационные равнины.



По геоморфологическому районированию (Соловьев, 1959) изученные озёра лежат в пределах низких, средних и высоких террас реки Лены с высотами от 8–10 м до 194–212 м (таблица 3.1.1; рисунок 3.1.2).

Наибольшая часть изученных озёр (89,7%) расположена в пределах средневысотных аккумулятивно-эрозионных террас р. Лены: Бестяхская, Тюнгилюнская, Абалахская и Маганская (Ушницкая и др., 2014; Ушницкая и др., 2021).

**Таблица 3.1.1** – Распределение изученных озёр 5 улусов Лено-Амгинского междуречья по террасам среднего течения р. Лены (составлено автором)

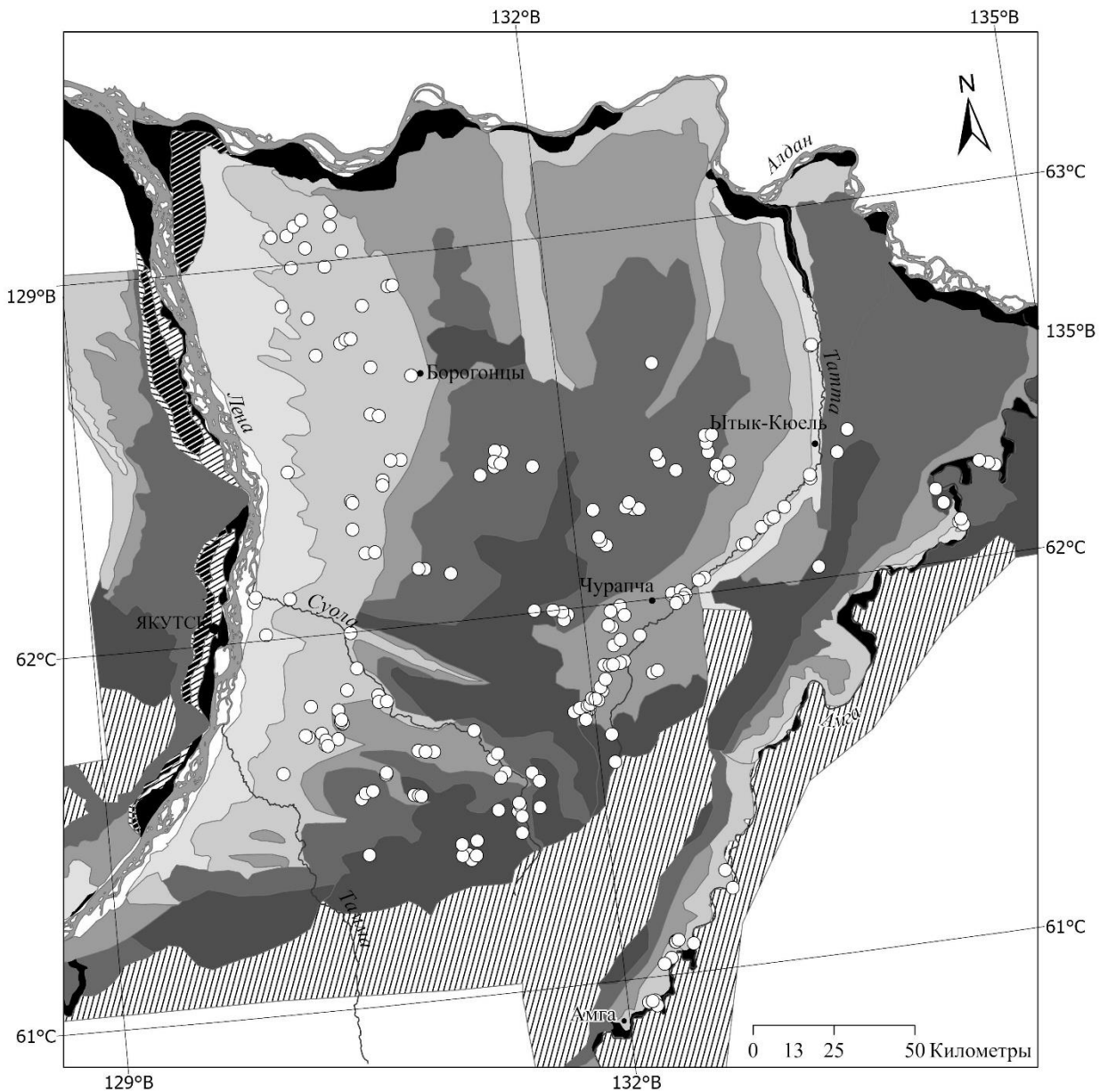
Улус/кол-во озёр и их доля	Террасы, м					
	Низкие	Средние				Высокие
	8-10	56-78	66-96	116-134	156-176	194-212
	<b>Н*</b>	<b>Б</b>	<b>Т</b>	<b>А</b>	<b>М</b>	<b>Э</b>
Амгинский (n=30)	-	-	7	9	4	<b>10**</b>
Мегино-Кангаласский (n=49)	-	4	<b>20</b>	12	6	7
Таттинский (n=32)	1	7	9	4	11	-
Усть-Алданский (n=36)	-	1	<b>27</b>	-	8	-
Чурапчинский (n=59)	-	-	-	<b>39</b>	<b>16</b>	3
<i>Всего озёр (n=205)</i>	1	12	63	<b>64</b>	45	20
<i>Доля, %</i>	0,5	5,8	30,7	31,2	22,0	9,8

Примечание. Террасы: **Н** – низкая надпойменная; **Б** – Бестяхская; **Т** – Тюнгилюнская; **А** – Абалахская; **М** – Маганская; **Э** – Эмильская. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке.

Самой низкой и молодой террасой является Бестяхская (Б), которая имеет ширину 15–20 км и расположена на отметках 56–78 м над уровнем р. Лены. Терраса сложена толщей мелких песков со слабо выраженными криогенными образованиями. На этой террасе расположены изученные озёра Таттинского (7 озёр), Мегино-Кангаласского (4 озера) и Усть-Алданского (1 озеро) улусов.

Следующая терраса – Тюнгилюнская (Т), имеет 25–40 км ширины и 66–98 м высоты над уровнем р. Лены. Верхнюю часть террасы слагают пронизанные жилами льда лессовидные суглинки и супеси, мощность которых достигает 30 м. Тюнгилюнская надпойменная терраса (псевдотерраса) выделяется морфологически, но не расчленяется по

геологическому признаку, так как в большей части разреза Бестяхская и Тюнгилюнская террасы сложены одновозрастными отложениями.



ТЕРРАСЫ

- |   |                |                                    |
|---|----------------|------------------------------------|
| ■ долины (поймы и нерасчлененные террасы) | ■ Тюнгилюнская | ○ Изученные озера                  |
| ▨ Якутская (1-я надпойменная)             | ■ Абалахская   | — Реки                             |
| ▩ Сергеляхская (2-я надпойменная)         | ■ Маганская    | ■ Реки                             |
| ▧ Кердемская (3-я надпойменная)           | ■ Эмильская    | ● Центры муниципальных образований |
| ■ Бестяхская                              | ▨ плато        |                                    |

**Рисунок 3.1.2** – Карта геоморфологического районирования Лено-Амгинского междуречья с изученными озерами (составлено автором на основе (Соловьев (1959))

Тюнгулюнская терраса развита на правобережье р. Лены вдоль уступа Абалахской равнины. В южной части исследованного района она начинается выше устья реки Лютенга и прослеживается вниз по реке Лена до реки Алдан. Ширина ее изменяется от первых сотен метров на юге, до 45 км на широте Кангаласского мыса (Соловьев, 1959). Приповерхностная часть аллювия Тюнгулюнской террасы отличается высокой льдистостью за счет текстуробразующих и повторно-жильных льдов (ПЖЛ), мощность которых может достигать несколько десятков метров. Отличительная особенность поверхности этой террасы – широкое распространение термокарстовых котловин с булгуньями (пинго). К рассматриваемой террасе относится большинство изученных озёр Усть-Алданского (27 озёр) и Мегино-Кангаласского (20) улусов. Остальные изученные озёра расположены в пределах территорий Таттинского (9) и Амгинского (7) улусов.

Отложения Абалахской (А) террасы составляют одинаковую часть Лено-Амгинского междуречья. Мощность террасы колеблется от 30 до 100 м, в отложениях содержатся косые и вертикальные линзы льда. Южнее г. Якутска выходит на поверхность цоколь из юрских или кембрийских осадочных пород высотой до 50–70 м. К северу поверхность цоколя понижается. В низовьях р. Алдана в цоколе обнаруживаются третичные осадочные породы (пески, пылеватые суглинки и супеси). В основании аллювия, мощность которого достигает 50–70 м, лежат крупнозернистые пески с линзами разнопородного галечника, общей мощностью от 1 до 10 м. Выше их сменяют все более мелкие пески с прослойками гравия, пылеватых суглинков и супесей, покрытые тонкослоистыми супесями, суглинками и песками. Мощность песчаной толщи до 20–30 м. Выше лежат суглинистая толща мощностью до 20–40 м, в верхней части включающая подземные льды. Покровные грунты представлены лессовидными суглинками мощностью 2–5 м. Большинство изученных озёр относятся к Абалахской террасе и принадлежат к Чурапчинскому улусу (39). На данной террасе также

находятся озёра Мегино-Кангаласского (12), Амгинского (9) и Таттинского (4) улусов.

Для Маганской террасы (М) и аллювиальной равнины характерны значительная эрозионная расчлененность и долинно-аласный тип рельефа. Глубина эрозионного вреза сильно разветвленной и сложно ветвистой речной сети достигает 80–100 м. В районе г. Якутска песчано-галечный аллювий и цветные глины размыты. Их мощность здесь уменьшается до 5–20 м. На Татта-Амгинском водоразделе юрские породы погружаются на север не столь быстро и обнажаются в цоколе террасы по р. Амга почти до ее устья. На правобережье р. Татта ниже с. Черкех песчано-галечные отложения слагают почти весь уступ террасы высотой 40–80 м. В пределах Маганской террасы расположены изученные озёра Чурапчинского (16), Таттинского (11), Усть-Алданского (8), Мегино-Кангаласского (6) и Амгинского (4) улусов.

К высоким эрозионным террасам относится Эмильская терраса (Э) с высотой 194–212 м и отметками 279–297 м над урезом р. Лены. Денудационные равнины, соответствующие Эмильской и более высоким террасам, сильно расчленены и вблизи долин снижены позднейшей денудацией. На Лено-Амгинском междуречье равнина, соответствующая Эмильской террасе, покрыта молодыми суглинками мощностью до 10–15 м, сходными с покровными суглинками Маганской террасы.

Наиболее возвышенная равнина на водоразделе рек Лены и Амги лежит в пределах высоты двух верхних террас р. Лены. На поверхность здесь выходят коренные породы, прикрытые супесчано-суглинистым элювием или тонким слоем (1–3 м) песков с галькой, представляющих, по-видимому, остатки перемытых юрских песчаников. Из обследованных озёр, расположенных на Эмильской террасе, относятся к Амгинскому (10 озёр), Мегино-Кангаласскому (7) и Чурапчинскому (3) улусам.

Таким образом, изученные озёра распределены по территории вышеперечисленных террас не равномерно. Более половины (61,9%) озёр

приурочены к Абалахской и Тюнгилюнской террасам, что обусловлено, прежде всего, особенностями рельефа и строения подстилающих горных пород.

### **3.2 Распределение озёр по морфогенетическим признакам их котловин**

Ввиду огромного разнообразия озёр необходимой предпосылкой к рациональному использованию водных ресурсов является типизация (классификация) озёр по совокупности характерных признаков. Основой ландшафтной типологии малых озёр является тип морфологической структуры котловин и геохимические особенности ландшафта (Воробьев, 1974; Ушницкая и др., 2014).

Форма и строение развивающихся термокарстовых образований определяются морфологией ледяных включений разного происхождения, свойствами грунтов, вмещающих лёд, а также характером рельефа земной поверхности (Десяткин, 2008).

П.А. Соловьев (1959, 1963) детально описывал морфологическую классификацию термокарстовых форм рельефа, на основании ранее предложенных типизаций Н.А. Граве (1946), А.М. Пчелинцева (1946) и С.П. Качурина (1950, 1961) и др. Неравномерное вытаивание льда создает разнообразные понижения аласного рельефа. Аласная экосистема как своеобразный элемент ландшафта криолитозоны наиболее подробно и развернуто рассматривается в работах Н.А. Вельминой (Вельмина, 1957), Д.Н. Толстякова с Н.П. Босиковым (Толстяков, Босиков, 1976), Н.П. Босикова (1991), Р.В. Десяткина (Десяткин, 1984, 2008).

Алас (якут. *Алаас*) – типичное для равнинной Якутии и Тюменской области (где они называются хасыреями) геологическое образование и форма рельефа. Алас представляет собой пологосклонную и плоскодонную ложбину овальной формы диаметром до нескольких километров и глубиной до 30 м. Образуется при вытаивании подземных льдов (термокарст), усадке

грунта и горных пород, суффозии, карсте и т. д. Низина аласа обычно покрыта заболоченным озером, а склоны — лугово-степной растительностью (Аласные ..., 2005). Аласная долина развивается неравномерно на всем протяжении, и отдельные участки ее проходят одинаковые фазы в разное время.

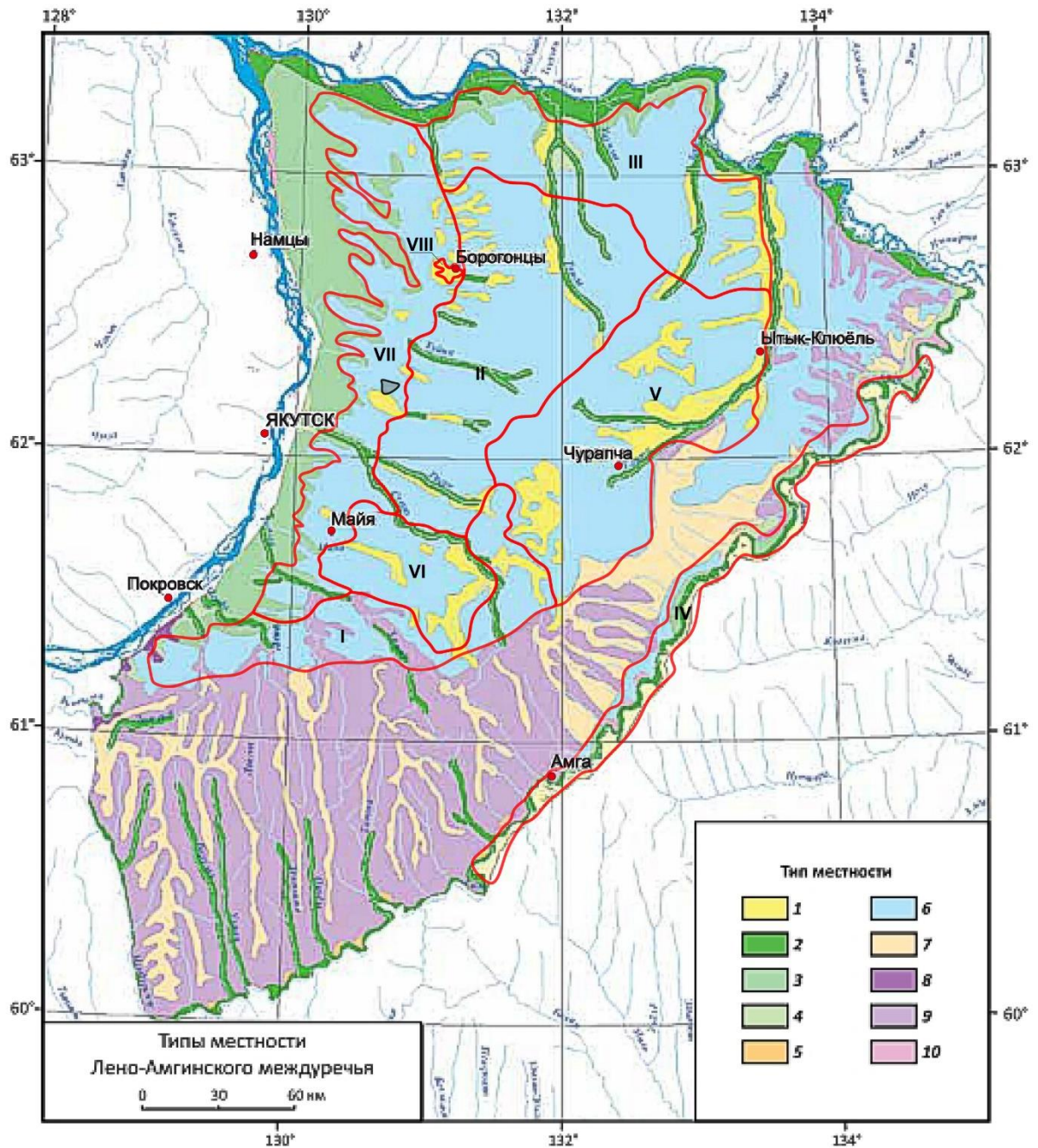
По мерзлотно-ландшафтной карте РС (Я) (Fedorov et al., 2018) значительная часть Лено-Амгинского междуречья, около 40% от всей рассматриваемой территории, занята ледовым комплексом или межаласным типом местности. Выделяются десять типов местности, которые, наряду с классификацией аласов по их распространению (Шестакова, Торговкин, 2023), послужили основой для составления карты районирования типов местности и распространения аласов Лено-Амгинского междуречья (рисунок 3.2.1).

А.А. Шестаковой и Я. И. Торговкиным (2023) при анализе пространственного распределения аласов выделено 7 районов:

1) Лено-Амгинский аласно-эрозионный район расположен в южной части исследуемой территории. Аласы занимают примерно 1,4% территории района.

2) Лено-Таттинский аласно-эрозионный район является самым крупным по площади. Он расположен между реками Лена и Татта, на территории водораздела. Для этого района характерны так называемые "от-юряхи", представляющие собой вытянутую сеть небольших аласов, которые сливаются друг с другом. Эти образования в основном встречаются в центральной и западной частях района. В северной части, в бассейне реки Танда, аласы имеют более округлую форму и меньше по размеру. Аласы занимают 5,7% площади в этом регионе.

3) Приалданский аласно-эрозионный район расположен в северной части междуречья. Из-за особенностей рельефа и криогенного строения аласных отложений здесь их меньше, что составляет 0,6% от общей площади района.



**Рисунок 3.2.1** – Карта районирования типов местности и распространения аласов Лено-Амгинского междуречья (составлено автором на основе (Fedorov et al., 2018; Шестакова, Торговкин, 2023))

**Типы местности** (Fedorov et al., 2018): 1- аласный, 2- низкотеррасовый, 3- средневысотный террасовый, 4- высокотеррасовый, 5-древнетеррасовый, 6- межаласный, 7- приводораздельный аллювиальный, 8- склоновый делювиально-коллювиальный, 9-склоновый делювиально-соллюфлюкционный, 10-склоновый коллювиальный. **Аласные районы** (Шестакова, Торговкин, 2023): I-Лено-Амгинский аласно-эрозийный, II-Лено-Таттинский аласно-эрозийный, III-Приалданский аласно-эрозийный, IV-Приамгинский аласный, V-Притаттинский аласный, VI-Суола-Тамминский аласный, VII-Тюнгюлюнский аласный, VIII-аласы.

4) Приамгинский аласный район охватывает высокие террасы реки Амга и прилегающие к ним пологие склоны. Здесь в основном расположены

небольшие молодые аласы, которые имеют округлую форму. В этом районе аласы занимают 1,5% от общей территории.

5) Притаттинский аласный район расположен в основном на левом берегу реки Татта и занимает около 11% от общей площади. Количественный анализ плотности аласов показывает, что центральная и южная части района имеют самую высокую плотность.

2. Суола-Тамминский аласный район простирается вдоль междуречных пространств небольших рек Суола и Тамма. В этом районе станция мониторинга Юкэчи Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук проводит мониторинговые исследования динамики аласов и термокарста (Босиков, 1989; Павлов, Малкова, 2005, Федоров и др., 2014). Этот район характеризуется разнообразием аласов, от небольших до средних, с некоторыми более крупными аласами, такими как Табага (11 км<sup>2</sup>) и Абалах (4,2 км<sup>2</sup>). Аласы занимают 11,2% от общей территории района.

3. Тюнгюльонский аласный район расположен на пологих склонах Тюнгюльонской террасы, абсолютные высоты которой колеблются от 150 до 200 метров над уровнем моря. В пределах этого района расположено несколько крупных аласов, в том числе Мюрю, площадь которого составляет 59 км<sup>2</sup>, Тюнгюлю, площадь которого составляет 41 км<sup>2</sup>, и Онёр, площадь которого составляет 23 км<sup>2</sup>. Аласы занимают 19,4% от общей территории района.

Происхождение озерного бассейна определяет его основные типологические особенности, и, следовательно, наиболее подходящая классификация озёр основана на их генезисе (Теоретические..., 1993).

Вопросы происхождения озёр криолитозоны детально освещены ранее в трудах сотрудников Института мерзлотоведения СО РАН, в частности Ф.А. Арэ (Арэ, 1969; 1974), П.А. Соловьёва (Соловьёв, 1961), Н.П. Босикова (Босиков 1977; 1991), рассмотрены механизмы образования и развития термокарстовых (аласных) озёр Якутии.



И.И. Жирковым (1983, 1986, 2000, 2014) разработана морфогенетическая классификация озер Центральной Якутии, одного из самых экстремальных регионов низменной криолитозоны. При создании классификации И.И. Жирков учитывал широкий спектр показателей и характеристик, включая рельеф дна, состав донных отложений, форму и структуру береговой линии, гидрофизические и гидрохимические параметры, а также гидробиологические особенности. И.И. Жирков (2014) разделил озера на типы и подтипы, основываясь на методе формирования котловин и близости водосборов к конкретным аazonальным и интразональным ландшафтам. Группы и подгруппы были выделены на основе их расположения в пределах морфологических компонентов ландшафтов, а также были приняты во внимание этапы развития озерного бассейна. В данном исследовании автор руководствовался классификацией И.И. Жиркова (2014), чтобы определить генетическую принадлежность каждого водоема.

Используя морфогенетическую классификацию, предложенную И.И. Жирковым (2014), автор классифицировал исследуемые объекты на четыре генетических типа (таблица 3.2.1; рисунок 3.2.2).

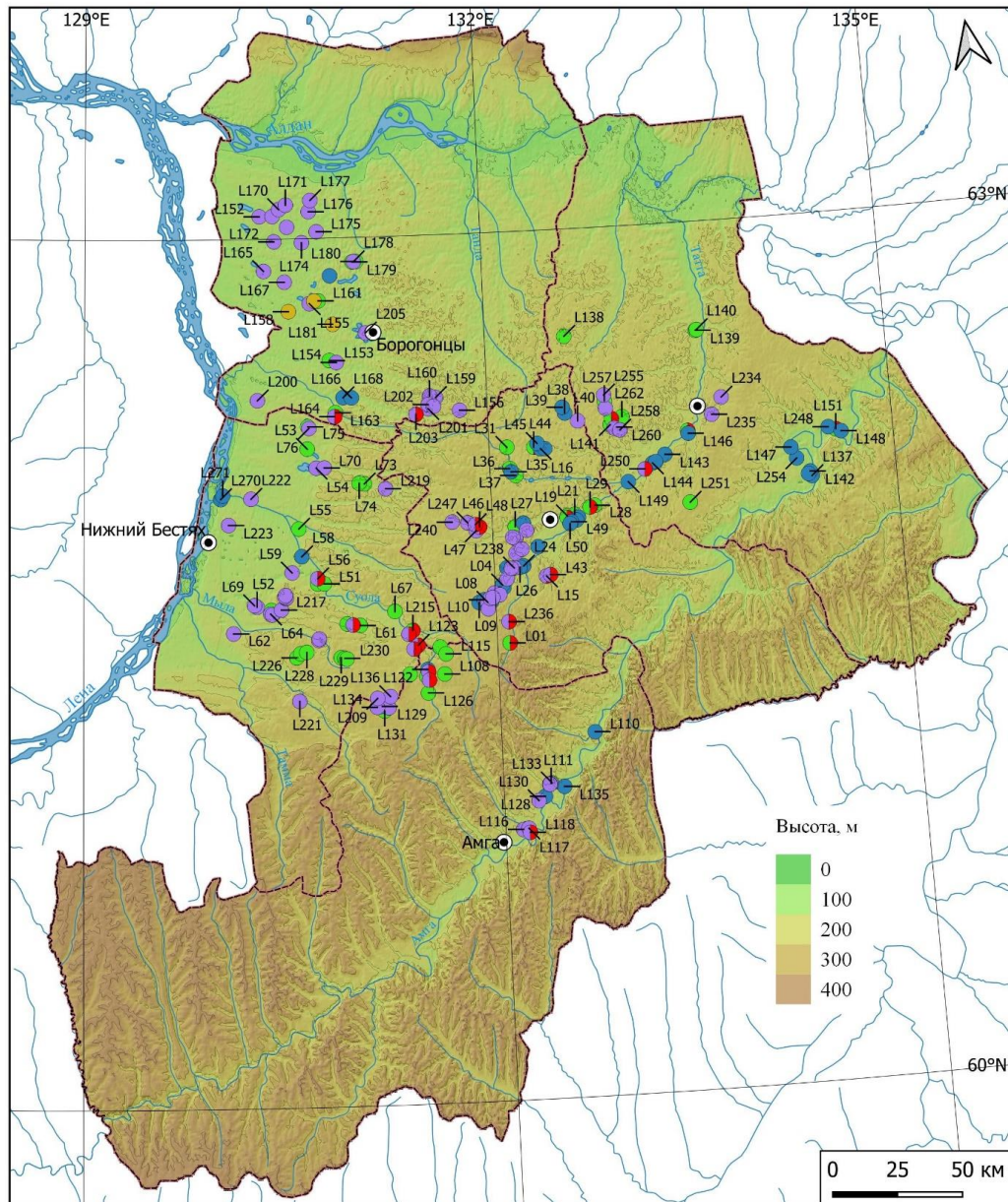
**Таблица 3.2.1** – Распределение разнотипных озёр по террасам Лено-Амгинского междуречья (составлено автором)

Название террас/тип генезиса озёр	Низкие террасы		Средние террасы			Высокие террасы	
	<b>Н*</b> n=1	<b>Б</b> n=12	<b>Т</b> n=63	<b>А</b> n=64	<b>М</b> n=45	<b>Э</b> n=20	
Термокарстовые (Те) (n=85)	-	3	<b>31**</b>	26	17	8	
Термокарстово-антропогенные (ТеА) (n=16)	-	-	4	<b>6</b>	3	3	
Водно-эрозионные (FE) (n=46)	1	8	10	<b>18</b>	9	-	
Эрозионно-термокарстовые (ЕТ) (n=47)	-	1	<b>14</b>	11	13	8	
Эрозионно-термокарстовые антропогенные (ЕТА) (n=8)	-	-	1	<b>3</b>	<b>3</b>	1	
Тукулановые (Ту) (n=3)	-	-	<b>3</b>	-	-	-	

Примечание. Террасы: **Н** – нерасчлененная низкая надпойменная; **Б** – Бестяхская; **Т** – Тюнгулюнская; **А** – Абалахская; **М** – Маганская; **Э** – Эмильская. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

В классификации И.И. Жиркова озёра, которые были нарушены в результате деятельности человека, объединены в отдельную категорию, называемую "антропогенной". При этом автор не учитывает изначальный

источник образования котловину озера. В ходе данного исследования было выявлено 24 таких озера, что составляет 12% от общего числа озёр в выборке. Автор диссертации делит антропогенно преобразованные озёра на два основных типа: термокарстово-антропогенные озера (ТеА, 16 озёр) и эрозионно-термокарстовые озера с антропогенным воздействием (ЕТА, 8 озёр).



Типизация озёр по происхождению

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| ● Водно-эрозионный             | ● Тукулановый                            |
| ● Термокарстовый               | ● Эрозионно-термокарстовый               |
| ● Термокарстовый антропогенный | ● Эрозионно-термокарстовый антропогенный |

**Рисунок 3.2.2** – Карта месторасположения изученных озёр по происхождению их котловин (составлена автором)

Все они в основном представляют собой плотины, построенные либо на сухих термокарстовых озерах, либо в долинах небольших рек с периодическим или сезонным стоком.

Термокарстово-антропогенные озёра (ТеА) широко распространены и встречаются практически повсеместно. Однако чаще всего они встречаются на покровных отложениях древних выровненных денудационных равнин и плато, сложенных мезозойскими осадочными породами, а также на средних и высоких террасах крупных рек Центральной Якутии. Эта информация подтверждается работами Л.А. Пестряковой (2008), М.И. Ксенофонтовой (2009), М.И. Балащенко (2016) и Л.А. Ушницкой с соавторами (2021).

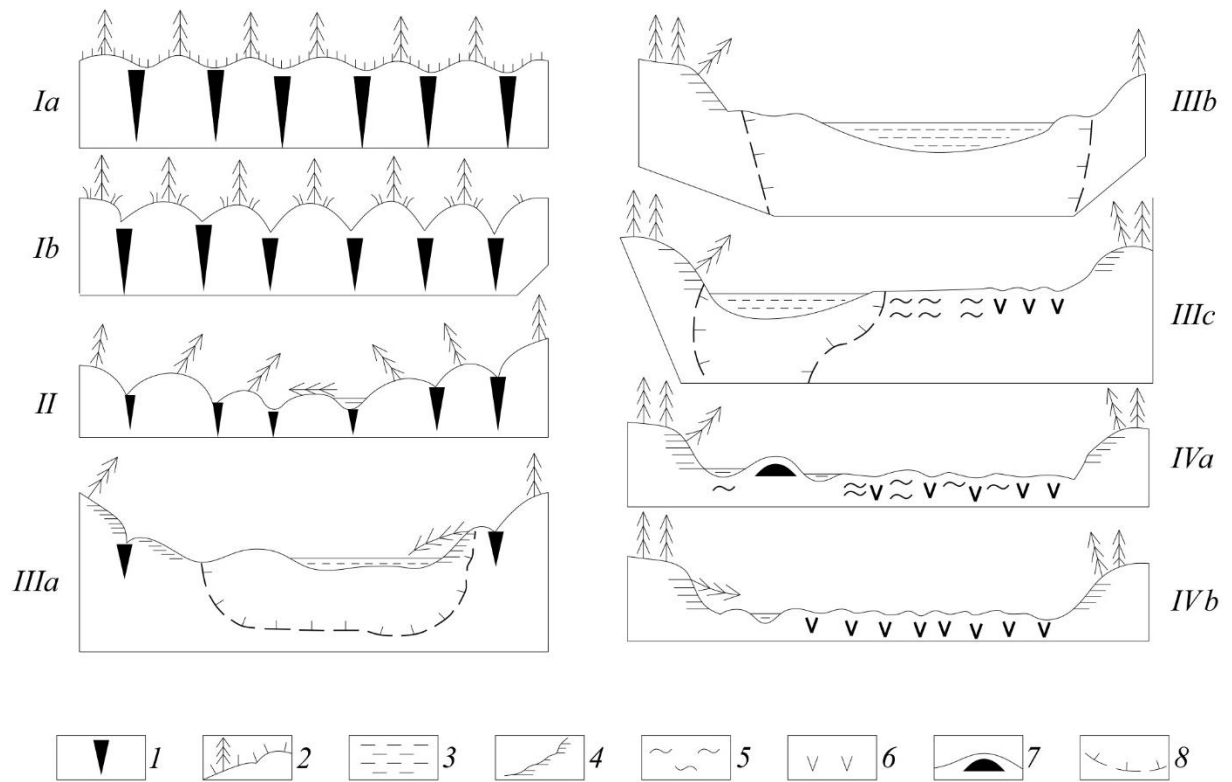
Механизм развития термокарстового озера, рассматриваемого как элемент единого аласного процесса, приведён в работах М.И. Гаврилова (1939), П.А. Соловьева (1959), Н.П. Босикова (1991), Р.В. Десяткина (1999; 2008) и др.

На рисунке 3.2.3 показана обобщенная схема формирования термокарста в аласах в пределах криолитозоны. Ниже приведены этапы развития термокарста:

1) Начальная форма деформации земной поверхности без признаков воды называется «вечной» мерзлотой. Она расположена примерно на глубине 1,5-2,5 метров и состоит из подземного льда, известного как ледовый комплекс. Растительный и почвенный покров помогают защитить лед от разрушения (на рис. 3.2.3 – Ia). Когда активный слой почвы нарушается, например, в результате лесных пожаров, вырубке лесов или распашки, начинается начальная стадия развития термокарста. Это приводит к образованию слабо выраженных бугристых полигональных форм рельефа, называемых «**быллаарами**» (бугор; бугристое место). Эти особенности можно увидеть на рисунке 3.2.3 - Ib.

2) деформация земной поверхности в виде бугристо-полигонального рельефа с наличием небольшого количества воды, так называемая форма

«ие», переходящая постепенно в «дюёдя» – молодая термокарстовая котловина (рисунок 3.2.3 – II);



**Рисунок 3.2.3** – Схема термокарстового образования аласов (составлено автором по Соловьеву, 1959), где *Ia* – равнина с содержанием ледового комплекса; *Ib* – начальная стадия термокарста в виде бугристо-западинного микрорельефа (быллаар); *II* – молодая термокарстовая котловина (дюёдя); *IIIa* – первичное термокарстовое озеро (тыымпы); *IIIb* – элементарный алас; *IIIc* – зрелый алас; *IVa* – старый алас с бугром пучения (булгунняхом); *IVb* – старый алас. Условные обозначения: *1* – сингенетические ледяные жилы; *2* – древесно-травянистый покров; *3* – вода; *4* – оползни; *5* – аласные отложения; *6* – эпигенетические ледяные жилы; *7* – бугор пучения с ледяным ядром; *8* – кровля многолетней мерзлоты

3) начало образования провального озера, где форма «дюёдя» постепенно переходит в «тыымпы» – первичное термокарстовое озеро, «растущее» за счет вытаивания подземного льда (рис. 3.2.3 – IIIa). Далее полноводное озеро в стадии «тыымпы» постепенно переходит в **элементарный алас**. На этом этапе процесс развития термокарста завершается из-за полного истощения (вытаивания) подземного льда, при этом рельеф дна озёрной ложи выравнивается за счет образования озёрных

отложений (рис. 3.2.3 – Шв), образуя в последующем **зрелый алас** – сложившееся провальное озеро (рис. 3.2.3 – Шс);

4) эта стадия развития аласа из-за дефицита влаги в Центральной Якутии постепенно начинает иссушаться, остается высыхающее провальное озеро на днище чашеобразной термокарстовой котловины с бугром пучения (булгунняхом) (рис. 3.2.3 – IVa) или озеро полностью высыхает (рис. 3.2.3 – IVb) – **старый алас**.

В то же время может быть трудно точно определить, на какой стадии развития находится конкретное озеро, поскольку переходы между стадиями часто незаметны. Иногда в общем цикле развития озера могут быть даже отдельные стадии.

Озеро, находящееся в стадии образования «провального» типа, носит якутское название «**дюёдя**» (рисунок 3.2.4).



**Рисунок 3.2.4** – Термокарстовое озеро в стадии «дюёдя» (фото автора, 2010 г.)

В третьей стадии (**тыымпы**) по бортам котловины наблюдаются

трещины сползания и опускания почвы (рисунок 3.2.5).

Деревья, которые сильно наклонены или даже повалены, но при этом возвышаются над водой, являются ярким примером активных процессов на склонах. Эти процессы, такие как термоэрозия, оползни и солифлюкция, происходили на протяжении всего времени существования термокарстового озера.

Как правило, термокарстовые озёра не отличаются большими размерами, как по площади поверхности, так и по глубине. Обычно они не превышают 3-5 м. Многие озёра в Центральной Якутии имеют тенденцию к высыханию, что можно объяснить возрастом их котловин. Это приводит к остановке или замедлению процесса самообеспечения озера, который зависит от таяния подземного льда, питающего водоём (Босиков, 1993).



**Рисунок 3.2.5** – Термокарстовое озеро в стадии «тыимпы» (фото автора, 2010 г.)

По морфогенетической классификации И.И. Жиркова (2014) схема термокарстовых озёр делится на:

- 1) провальные, включая первичные на ледовом комплексе, развивающейся или зрелой стадии в сочетании с аласными;
- 2) реликтовые озёра в стадии усыхания (аласные) в сочетании с первично-провальными;
- 3) просадочные (на мезо-кайнозойских маломощных осадочных породах).

Глубина некоторых термокарстовых провальных озёр, особенно расположенных в лесных массивах, может достигать 25 м. Вокруг этих озёр имеются признаки образования карстовых воронок, например, в некоторых местах берега обрываются и оползают. На этих водоёмах продолжается процесс образования озёр, о чём свидетельствует наличие свежего лесного мусора, явление, известное как "пьяный лес", и они находятся на относительно молодой стадии развития. С течением времени они быстро мелеют из-за эрозии береговых линий и их последующего накопления на дне озера.

Провальные озёра первого типа доминируют на Лено-Алданском междуречье (рисунок 3.2.6).

Озёра второго типа характерны на Лено-Вилуйском междуречье (Ксенофонтова, 2009, 2019). Они сравнительно богаты водной и прибрежной растительностью (Пестрякова, 1994).

В авторской базе данных содержится 85 или 41% от всего набора озёр, относящихся к термокарстовому генезису. Большинство из этих озёр относятся к первому типу, согласно классификации И.И. Жиркова (2014). В первую группу входят 11 зрелых озёр, 6 развивающихся озёр и 2 зрелых содовых озёра. Стадия дюёдя включает в себя 5 озёр, в том числе 4 из Юкэчинской группы в Мегино-Кангаласском районе и 1 из Усть-Алданского района. Стадия «тыымпы» включает в себя 3 озера: L173, L214 и L245. Во

вторую группу входят реликтовые стадии усыхающих озёр, которые представлены 2 озёрами.



**Рисунок 3.2.6** – Процесс термокарста на оз. Улахан Сырдах (L154) Усть-Алданского улуса (фото автора, 2004 г.)

Вторая группа включает 56 озёр (66%), которые расположены в первичных аллювиальных отложениях (в поймах рек и на низких террасах крупных рек) и вторичных карстовых воронках (в пересыхающих озёрах). Формы этих термокарстовых озёр разнообразны и иногда очень сложны. Термокарстовые котловины в регионе имеют округлую, овальную, вытянутую форму и различную степень сложности. Округлая форма озёр указывает на то, что таяние подземных льдов все еще продолжается, так как такая форма наиболее благоприятна для равномерного распределения тепла. Более сложная форма возникает при вовлечении небольших водотоков (отюрхов), впадающих в водоём.

В последние годы малые термокарстовые озёра начинают интенсивно высыхать (Пестрякова, 2008; Пестрякова и др., 2014). Усыхание термокарстовых озёр и их постепенное превращение в аласы происходит за счет испарения, а также за счет просачивания части воды в межмерзлотные и



подмерзлотные воды (Анисимова, 1957; Пестрякова, 1983; Десяткин, 2008 др.).

Таким образом, в соответствии с классификацией И.И. Жиркова (2014), 42% озёрных котловин относятся к термокарстовому морфогенетическому типу без учета подтипов. Они наиболее характерны для Тюнгулонской (31 озеро) и Абалахской (26) террас.

Следующий тип **водно-эрозионный (FE)**, озёрные котловины которых образовались на территории Центральной Якутии в области древней и современной миграции рек Лены и Вилюя и их притоков. В период миграции эти реки вскрывали своими протоками насыщенные льдом многолетнемерзлые толщи и ископаемые льды (Жирков, 1983). При формировании водно-эрозионной озёрной котловины, когда реки меняли свои русла, старые протоки, меандры сохранились в виде озёр–стариц. В дальнейшем в формировании этих котловин преимущественную роль сыграл процесс термокарста. На высоких надпойменных террасах, на древней аллювиальной равнине эти озёра постепенно превращаются в аласы (Пестрякова, 1983). По морфологическим и морфометрическим особенностям этот тип водоёмов И.И. Жирковым делится на два подтипа: старичные (меандровые старицы – «Элгээн-Кюель» и протоковые старицы) и плёсы малых рек.

К водно-эрозионному типу из набора изученных объектов относятся 46 или 22% озёр, из них на Абалахской террасе – 18, остальные почти равномерно расположены по всех террасах (от 8 до 10 озёр), а на низкой надпойменной террасе – 1 озеро.

К **эрозионно-термокарстовому типу (ET)** относятся старичные и пойменные озёра, расположенные на террасах рек Лена и Алдан и их притоков (Амга, Суола, Татта и др.). Котловины этого типа озёр в большей части имеют продолговатую форму. Глубина озёр колеблется от 0,5–0,7 до 3–4 м, реже более 8 м. В весенний паводковый период озёра пополняются речными водами. Берега их террасированы и сложены из слоистых речных

аллювиальных отложений, что свидетельствует об их эрозионном происхождении. В дальнейшем в формировании их котловин преимущественную роль начинает играть термокарстовые процессы (Босиков, 1991; Жирков, 2000; Пестрякова, 2008). К эрозионно-термокарстовым озёрам относятся 23% изученных объектов, в том числе в Тюнгилюнской (14 озёр), Маганской (13), Абалахской (11), Эмильской (8) и Бестяхской (1) террасах.

**Тукулановые озёра** (Tu), образовавшиеся на тукуланах (эоловых песках), являются азональными природными комплексами Центральной Якутии, образованные за счет массивов перевеваемых в дюны песков, широко распространенные в бассейне нижнего течения реки Вилюй, в низовьях рек Тюнг и Линде и в бассейне среднего течения Лены, которые по-местному называются «тукуланы» (Жирков, 1983; Галанин, 2020; 2021; Лыткин и др., 2022).

По мнению учёных, тукуланы являются остатками обширной северной пустыни, которая впоследствии была покрыта хвойными деревьями. Это предположение подтверждается находками песчаных дюн с прочно укоренившимися растениями. Тайга словно захватила некогда безжизненные просторы, вытеснив их (Галанин, 2020).

Тукуланы представляют собой частично промерзшие массивы параболических песчаных дюн, которые занимают до 30% площади некоторых районов Центральной Якутии (Павлов, 1977; Павлов, Максимов, 1981; Толстихин, Лукин, 2005; Лукин и др., 2006; Галанин, 2021а).

Эти уникальные образования являются реликтами обширной песчаной пустыни, существовавшей в этом регионе на протяжении ледникового периода. Тукуланы характеризуются крайне необычными для этого региона рельефом, растительностью и ландшафтами. Эти природные феномены остаются слабо изученными и до сих пор представляют собой загадку для науки.

В базе данных автора к тукулановым озёрам относятся всего 3 озера: L157 (с. Кептени), L158 (с. Далы) и L181 (с. Хомустах) Легёйского наслега Усть-Алданского района. На рисунке 3.2.7 приведен пример тукуланового озера Лено-Виллойского междуречья.

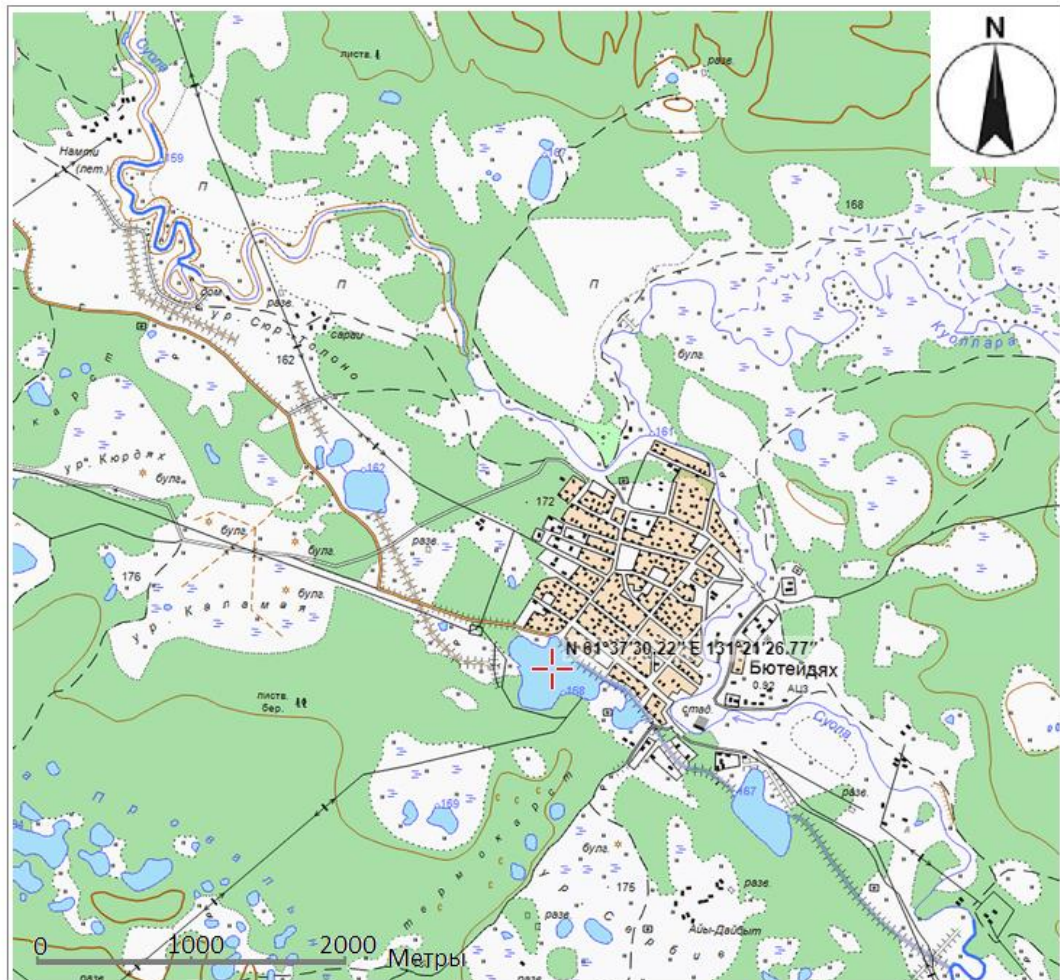


**Рисунок 3.2.7** – Тукулановое озеро на Лено-Виллойском междуречье  
(фото Д.А. Субетто, 2003 г.)

Следует отметить, что в морфогенетической классификации И.И. Жирков (2014) выделяет отдельно антропогенный тип озёр, преобразованных хозяйственными или иными воздействиями человеческой деятельности. При этом он не учитывал первоначальное образование озёрных ванн.

Такие озёра чаще всего встречаются на Лено-Амгинском междуречье, преобразованными мелиоративным воздействием малых рек с целью образования промежуточных водохранилищ оросительной системы (L43, 66) (рисунок 3.2.8), хозяйственно-бытового использования населенных пунктов

(летний водопровод) (L164, 236, 250), а также для зарыбления водоёмов (L01, 121, 164, 203).



**Рисунок 3.2.8** – Термокарстово-антропогенное оз. Кюрдэх (красным крестом) (L66) Мегино-Кангаласского улуса (<https://nakarte.me/#m=13/61.62521/131.38275&l=L/N/C/F>)

В наборе данных автором отдельно выделены антропогенно преобразованные водоёмы эрозионно-термокарстового типа, сформированные в результате деятельности человека – эрозионно-термокарстово-антропогенные озёра. В сельских поселениях Лено-Амгинского междуречья количество озёр, преобразованных человеком для удовлетворения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения (сел Чурапчинского и Таттинского районов), незначительно (8 озёр или до 4% от общего количества изученных объектов). Озёра этого генезиса преимущественно плотинные, созданные в основном в долинах малых рек с

эпизодическим и сезонным стоком. Котловины их находятся в сухих долинах малых рек на равнинах с озёрно-долинным рельефом (L01, 29, 215 и 250). Другой подтип озёр – плотинные, созданные подпруживанием древней долины стока (L18, 44, 249 и 259), имеющие сложную форму котловины. Они в основном расположены на Абалахской и Маганской (по 3 озера) террасах.

Таким образом, котловины большинства исследованных озёр по своему происхождению относятся к термокарстовому типу (41,4%), образовавшиеся вследствие оседания почвы от протаивания вечномерзлых пород и ледового комплекса. Процесс этот накладывает отпечаток на морфологические характеристики озёрного ложа. Водно-эрозионные (22,4%) и эрозионно-термокарстовые (22,9%) озёра находятся в подчиненном положении по отношению к термокарстовым типам. Остальные генетические типы озёрных котловин малочисленны.

### **3.3 Распределение озёр по сельским поселениям и населённым пунктам**

Общеизвестна зависимость состояния и развития озёр от таких характеристик водосборов, как почвы, растительность, гидрографическая сеть, наличие многолетней мерзлоты и другие (Калесник, 1959; Драбкова, Сорокин, 1979; Шилькрот, 1975, 1979; Трансформация органического..., 1989; Григорьева и др., 2000; Десяткин, 2008 и др.). Эти природные компоненты связаны в одну систему через формирование водного баланса и стока, что в конечном итоге определяет параметры потока элементов, гидрохимический режим водоёмов и продукционные характеристики.

Лено-Амгинское междуречье целиком находится в зоне сплошного распространения ММП, мощность которой достигает свыше 200 м. Мерзлота выступает как важный геоморфологический фактор, создающий мерзлотные формы рельефа, влияет на гидрологический режим рек и озёр. В частности, она способствует быстрому промерзанию мелководных водоёмов и водотоков, участвует в питании их преимущественно в результате

вытаивания подземных льдов. На территории района исследования преобладает таежная растительность. Господствующим типом леса является лиственнично-брусничная тайга, где доминирующую роль представляет лиственница (*Larix spp.*).

В данном разделе рассматриваются изученные озёра по территориям отдельных улусов и по их муниципальным образованиям.

Муниципальное образование – населённая территория, на которой осуществляется местное самоуправление в России, то есть решаются преимущественно вопросы местного значения. Местное самоуправление на населённой территории осуществляется непосредственно населением и (или) через выборные и иные органы местного самоуправления в целях решения вопросов местного значения (Паршин, 2011). Административно-территориальное деление и население РС (Я) включает в себя 36 муниципальных образований: 34 муниципальных района и 2 городских округа.

Сельское поселение — один из типов муниципальных образований в России, представляет собой один или несколько объединённых общей территорией сельских населённых пунктов (посёлков, сёл, станиц, деревень, хуторов, кишлаков, аулов, починков и других сельских населённых пунктов), в которых местное самоуправление осуществляется населением непосредственно и (или) через выборные и иные органы местного самоуправления (Федеральный закон от 06.10.2003 N 131-ФЗ). Сельское поселение входит в состав муниципального района.

Населенный пункт – компактно застроенная территория, служащая местом постоянного проживания населения.

По данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РС (Я) численность населения на 1 января 2024 г. по муниципальным образованиям 5 улусов (районов) в 137 населенных пунктах составляет 110,2 тыс. человек ([https://14.rosstat.gov.ru/chisl\\_sostav?print=1](https://14.rosstat.gov.ru/chisl_sostav?print=1)) (таблица 3.3.1).

Наиболее заселенными муниципальными образованиями РС (Я) являются улусы Лено-Амгинского междуречья. Из них Мегино-Кангаласский выделяется высокой плотностью населения 2,81 чел./км<sup>2</sup>, занимая первое место в РС (Я) и имея самую маленькую площадь (11,7 тыс. кв. км).

**Таблица 3.3.1** – Площадь территорий и численность населения (на 1 января 2024 г.) по муниципальным образованиям Лено-Амгинского междуречья (составлено автором)

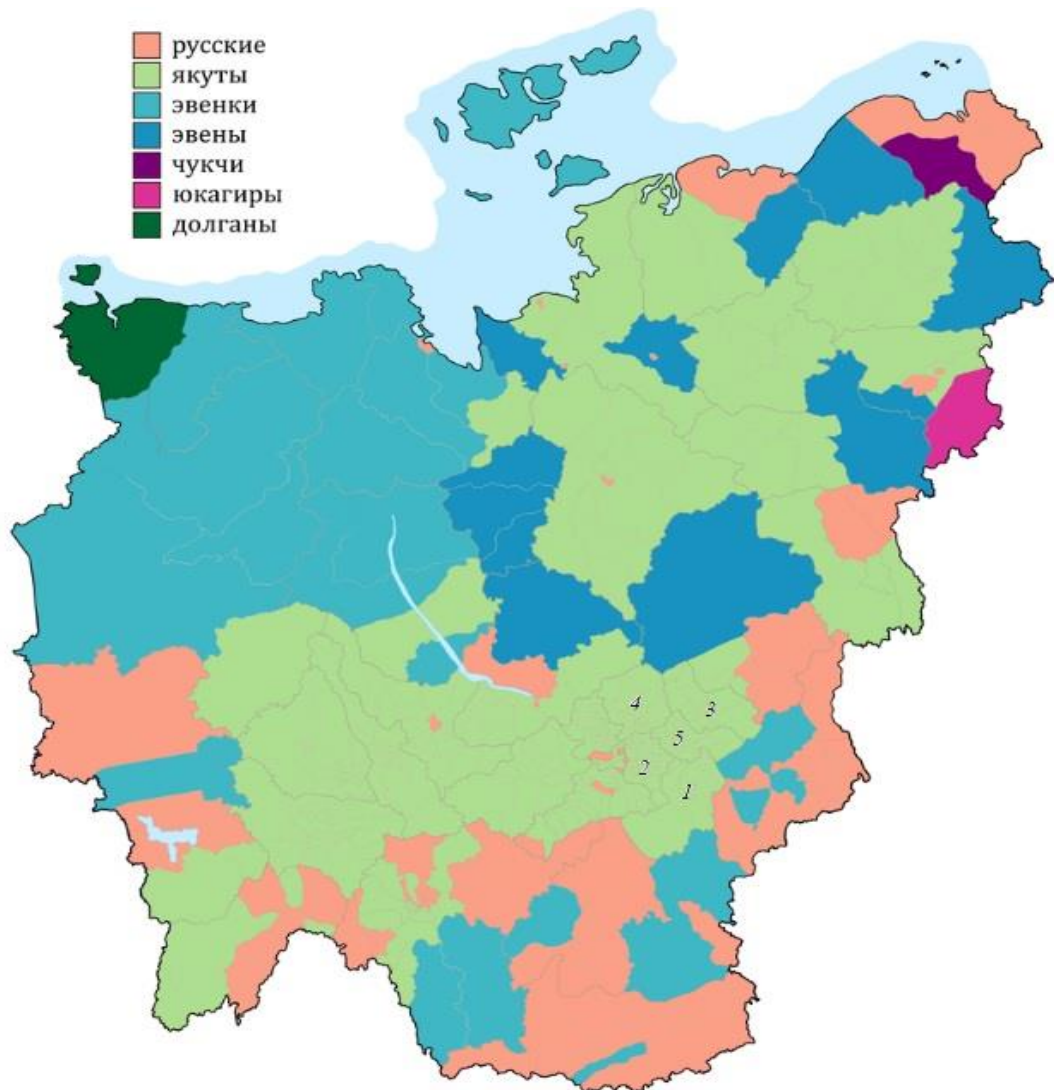
Муниципальные образования	Население, чел.	Площадь, км <sup>2</sup>	Количество			Плотность, чел./км <sup>2</sup>	Административный центр
			пгт	сельские поселения	населенные пункты		
Амгинский	16705	29421,33		15	21	0,57	с. Амга
Мегино-Кангаласский	32932	11733,05	1	32	36	<b>2,81*</b>	пгт. Нижний Бестях
Таттинский	16750	18984,00	-	14	15	0,88	с. Ытык-Кюёль
Усть-Алданский	22012	18275,91	-	24	35	1,20	с. Борогонцы
Чурапчинский	21807	12577,38	-	20	30	1,73	с. Чурапча
Всего по 5 улусам	110206	90991,67	1	105	137	1,21	
По РС (Я)	1001664	3084000	41	361	582	0,32	г. Якутск

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Ниже приводится описание изученных озёр по муниципальным образованиям (МО). По тексту автор использует понятие «улус». Улус (монг. — люди, племя, народ, отряд, войско, государство) — тюрко-монгольский социальный термин со сложной семантикой, служащий в основном для обозначения понятий народ, поколение (<https://classes.ru/all-russian/russian-dictionary-Vasmer-term-14234.htm>). В современной России улусами именуются сельскохозяйственные (с преобладанием коренного населения) районы Якутии (Официальный сайт органов власти Республики Саха (Якутия) (Проверено 23 марта 2012)). В повседневной жизни все сельскохозяйственные МО принято называть как улусы, а промышленные МО как районы (Мирнинский, Нерюнгринский, Алданский и др.).

На рисунке 3.3.1 приведена этническая карта по городским и сельским поселениям РС (Я), составленная по данным Всероссийской переписи

населения в 2010 г. (<https://sakhalfе.ru/naselenie-yakutska-v-2023-godu-skolko-zhitelej-naczionalnyj-sostav/>).



*Улусы Лено-Амгинского междуречья: 1 - Амгинский, 2 - Мегино-Кангаласский, 3 - Таттинский, 4 - Усть-Алданский, 5 - Чурапчинский*

**Рисунок 3.3.1** – Этническая карта Республики Саха (Якутия)

Основные народы, проживающие на территории республики: якуты – 45,5%, русские – 41,2%, украинцы – 3,6%, эвенки – 1,9%, эвены – 1,2%, другие национальности – 6,6%. В Лено-Амгинском междуречье в национальном составе населения подавляющее большинство (более 90%) жителей — якуты (саха), где основным языком — якутский. Следовательно, для



описания изученных объектов в дальнейшем автор использует понятие «улус» а не «район».

**Амгинский улус** расположен на юго-восточной части Лено-Амгинского междуречья в пределах  $59,7^{\circ}$ – $61,6^{\circ}$  с.ш. и  $129^{\circ}$  –  $133^{\circ}$  в.д., занимая бассейн среднего течения реки Амга и аласную область верховьев рек Тамма и Суола. Высота над уровнем моря здесь колеблется от 135 до 469 м. Расстояние от села Амга до столицы РС (Я) 222 км наземным и водным путем. С севера граничит Чурапчинским улусом, с востока и юго-востока — с Усть-Майским, с юга и запада — с Алданским районом, с северо-запада — с Хангаласским и Мегино-Кангаласским улусами. Площадь района — 29,42 тыс. км<sup>2</sup>. Значительная часть площади, в основном юго-западная часть, улуса почти не заселена населением и используется в качестве сельскохозяйственных угодий (Амгино-Нахаринский наслег).

Рельеф района отличается хорошо выраженной террасированностью и развитием на террасах древнего и современного термокарстового рельефа.

Река Амга пересекает территорию с юго-запада на северо-восток, образуя врезанную широкую террасированную долину. На северной и северо-восточной частях района характерен аласный тип рельефа.

Различные виды термокарстового рельефа, возникшие в результате хозяйственной деятельности человека, хорошо выражены в долине Амги. В частности, здесь посреди пашен и поселков (с. Амга, Болугур и др.) образовались аласные котловины, заполненные водой, со временем превратившиеся в озёра.

По данному улусу автором изучено 30 (14,6% от общего количества) озёр. Пространственно изученные озёра приурочены к северной части территории улуса, где населенные пункты в основном расположены по бассейнам рек Амга и Суола.

На территории Амгинского улуса насчитывается 21 населенный пункт (село), относящиеся к 14 сельским поселениям (наслегам). Из них лимнологическими исследованиями охвачены 6 (43% от общего количества

сел улуса) населенных пунктов, где проживает 4998 человек (30% от общего числа населения улуса) (таблица 3.3.2).

По геоморфологическому районированию изученные озёра находятся в основном на Эмильской (10) и Абалахской (9) террасах. Граница высокой Эмильской террасы по улусу проходит в северо-западном направлении, занимая территории Эмисского (с. Эмиссы), Алтанского (с. Алтанцы) и Сатагайского (с. Сатагай) наслегов.

**Таблица 3.3.2** – Распределение изученных озёр по наследам и селам Амгинского улуса (составлено автором)

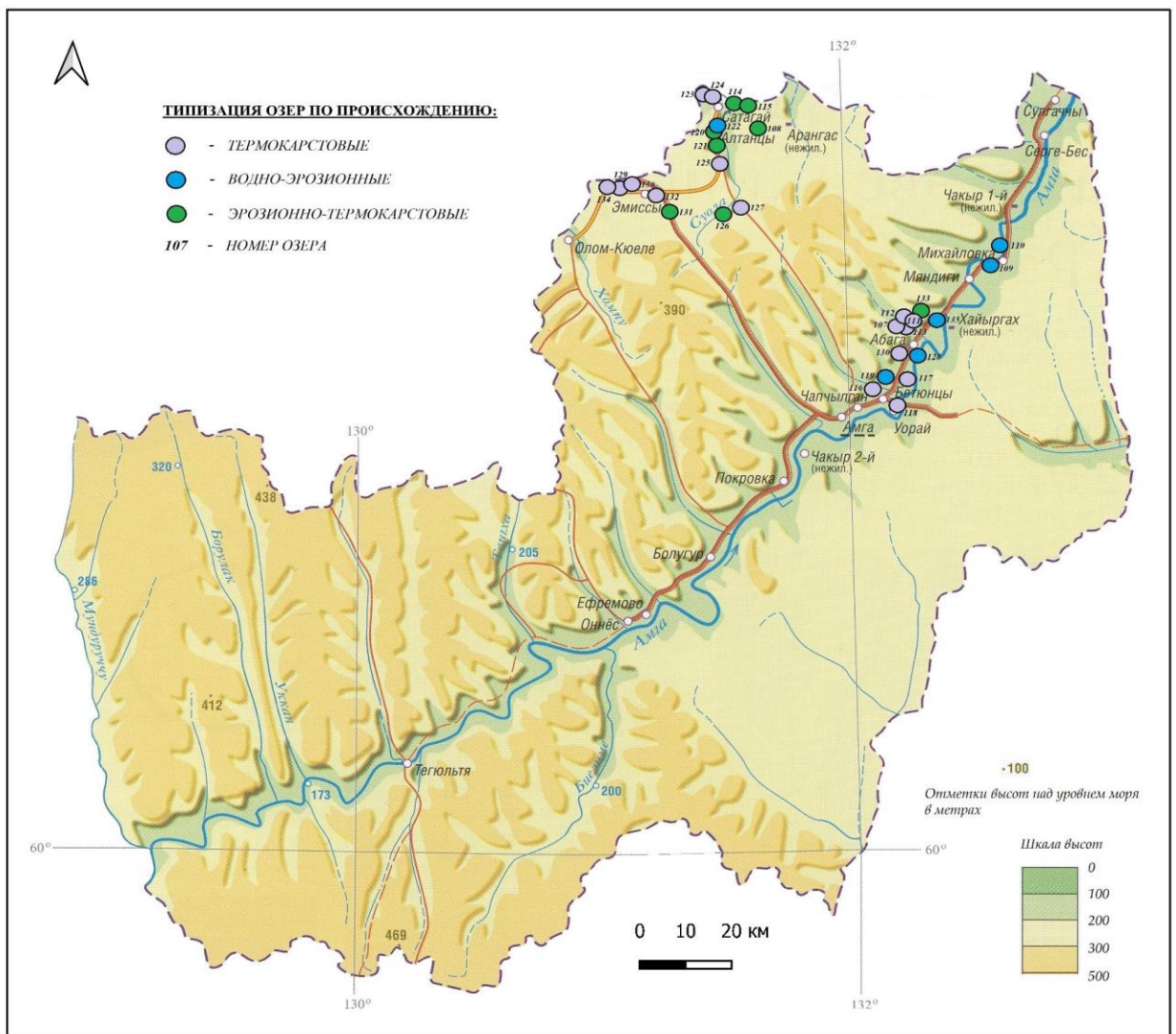
Сельское поселение (наслег)	Населенный пункт (село)	Население, чел.*	Площадь, км <sup>2</sup>	Количество озёр
<b>Амгинский улус – всего 14 наслегов, 21 населенный пункт</b>				
Абагинский	Абага	1114	1588,07	8
Алтанский	Алтанцы	735	781,98	6
Бетюнский	Бетюнцы	1227	1999,74	4
Соморсунский	Михайловка	827	1769,00	2
Сатагайский	Сатагай	539	395,73	5
Эмисский	Эмиссы	556	1422,28	5
6 (42,9 %)	6 (43,3 %)	4998 (29,6 %**)	7956,8 (27 %***)	30

Примечание. \* Здесь дается численность населения за 01.01.2023 г.; \*\*процент от общего числа населения улуса; \*\*\* процент от общей площади улуса

На северо-западной части района исследования также клиньями примыкают Маганская (по 2 озера Алтанского и Сатагайского наслегов) и 2 озера Сатагайского наслега на Абалахской террасе. Остальная часть этой террасы занята озёрами Абагинского наслега (с. Абага). Граница Тюнгилюнской средневысотной террасы проходит по центральному и восточному частям улуса, по долине реки Амга и охватывает территории Бетюнского (4), Абагинского (1) и Соморсунского (2) наслегов.

По морфогенетической классификации озёрных котловин чуть меньше половины водоемов (40%) относится к термокарстовому типу (рисунок 3.3.2). Эрозионно-термокарстовые озёра (23%) характерны только в бассейне реки Суола (Алтанцы, Сатагай и Эмиссы).

Водно-эрозионные озёра (20%) в большей части приурочены по водосборному бассейну реки Амга, в пределах Приамгинского аласного района. В базе данных автора имеются антропогенно нарушенные термокарстовые озёра (17%). Они относятся к сельским поселениям Алтанцы (L121 и L125), Сатагай (L123 и L124) и Бетюнцы (L118).



**Рисунок 3.3.2** – Карта-схема распределения разнотипных озёр по населенным пунктам Амгинского улуса (составлено автором)

Природные условия Амгинского улуса имеют значительные преимущества хозяйственного использования по сравнению с другими районами Центральной Якутии (Сивцева, 1965):

- 1) район устойчивой кормовой базы для животноводства;

2) сравнительно малая подверженность к летним заморозкам позволяет здесь выращивать зерновые и кормовые культуры;

3) долина реки Амга весьма благоприятна для развития огородно-овощного хозяйства;

4) северо-восточные аласные части района специализируются на молочном животноводстве. Земли сельскохозяйственного назначения составляют 1060 км<sup>2</sup>.

**Мегино-Кангаласский улус** расположен на Лено-Амгинском междуречье, на правобережной части реки Лена, в пределах 60°43′–62°26′ с.ш. и 129°29′–131°46′ в.д., высота над уровнем моря – от 83 до 405 м. Территория района составляет 11,73 тыс. км<sup>2</sup>. Расстояние от административного центра Нижний Бестях до столицы РС (Я) 23 км наземным и водным путем. Граничит на северо-западе с Усть-Алданским, на юго-западе – с Чурапчинским, на юго-востоке – с Амгинским, на юге – с Хангаласским улусами, и на западе по реке Лене – с городским округом Якутск. По своим природным и экономическим условиям район является типичным для Центральной Якутии.

На территории района озёрные отложения широко развиты на самых разных гипсометрических уровнях. Состав и мощность этих отложений зависят от происхождения озёрных котловин. Развитие на Бестяхской террасе и прилегающей к ней части Тюнгилюнской террасы озёрные котловины, происхождение которых связано с эрозионным и суффозионно-просадочными явлениями, имеют преимущественно песчано-глинистый состав озёрных отложений, мощность их колеблется от 2 до 12 м.

Озёрные отложения термокарстовых впадин представляют собой прослой суглинков, супесей, глины, ила и песка. Мощность этих отложений зависит от стадии развития термокарстовых котловин. Гравийно-галечниковые отложения перекрываются четвертичными супесями, суглинками и песками, слагающими различные террасы рек Лены и ее притоков.

По возрасту здесь выделяются нижне-, средне-, верхнечетвертичные и современные (голоценовые) отложения. Отложения, относимые к нижнему и среднему отделам, объединяет аллювий Абалахской террасы. Нижняя пачка представлена пылеватыми суглинками, содержащими прослой супесей. Мощность пачки от 30 до 60 м. Отложения среднего отдела объединяют в себя мощную толщу аллювия Бестяхской и Тюнгилюнской террас района. Литологически отложения горизонта представляют собой весьма однообразную толщу в основном мелкозернистых песков кварца (Бестяхская терраса). На Тюнгилюнской террасе эти пески перекрываются толщей покровных суглинков, мощность которых увеличивается до 30–60 м. Для них характерно почти повсеместное распространение ПЖЛ мощностью от 8 до 14 м.

В орографическом плане территория Мегино–Кангаласского района расположена в пределах плоской возвышенности Лено-Амгинского междуречья и характеризуется слабой расчлененностью рельефа.

По классификации распространения аласов изученная территория улуса находится, в основном, на севере в пределах Тюнгилюнского аласного района, а на юге – Суола-Тамминского аласного района.

Основными водотоками района исследований являются Суола, Тамма, Мыла, Еленгнёх с их притоками, протекающими с востока на запад. Все они являются притоками р. Лены. Исследованные озёра расположены в значительной степени на бассейнах и междуречьях рек Мыла – Суола (80%), охватывая 11 или 37% населенных пунктов улуса.

Мегино-Кангаласский улус включает 31 наслег, 30 населенных пунктов. Всего изучены 49 (23,9%) озёр, расположенные в 55% наслегов и 57% населенных пунктов, где проживают 57% сельского населения (таблица 3.3.3).

По геоморфологическому районированию (Соловьев, 1959) изученные озёра принадлежат: 20 (41%) озёр – Тюнгилюнской, 12 (24%) – Абалахской, 7 (14%) – Эмильской, 6 (12%) – Маганской и 4 (8%) – Бестяхской террасам.

Озёра Абалахской террасы занимают центральную часть улуса, в основном, междуречье Суола-Тамма. Группа озёр Тюнгилюнской террасы расположена в северной части улуса, в основном в междуречье Суола–Еленгнёх.

Обследованные озёра сгруппированы по происхождению их котловин. Выделены 26 термокарстовых, 18 эрозионно-термокарстовых, 3 водно-эрозионных озёр (рисунок 3.3.3).

**Таблица 3.3.3** – Количество изученных озёр по административно-территориальному делению (составлено автором)

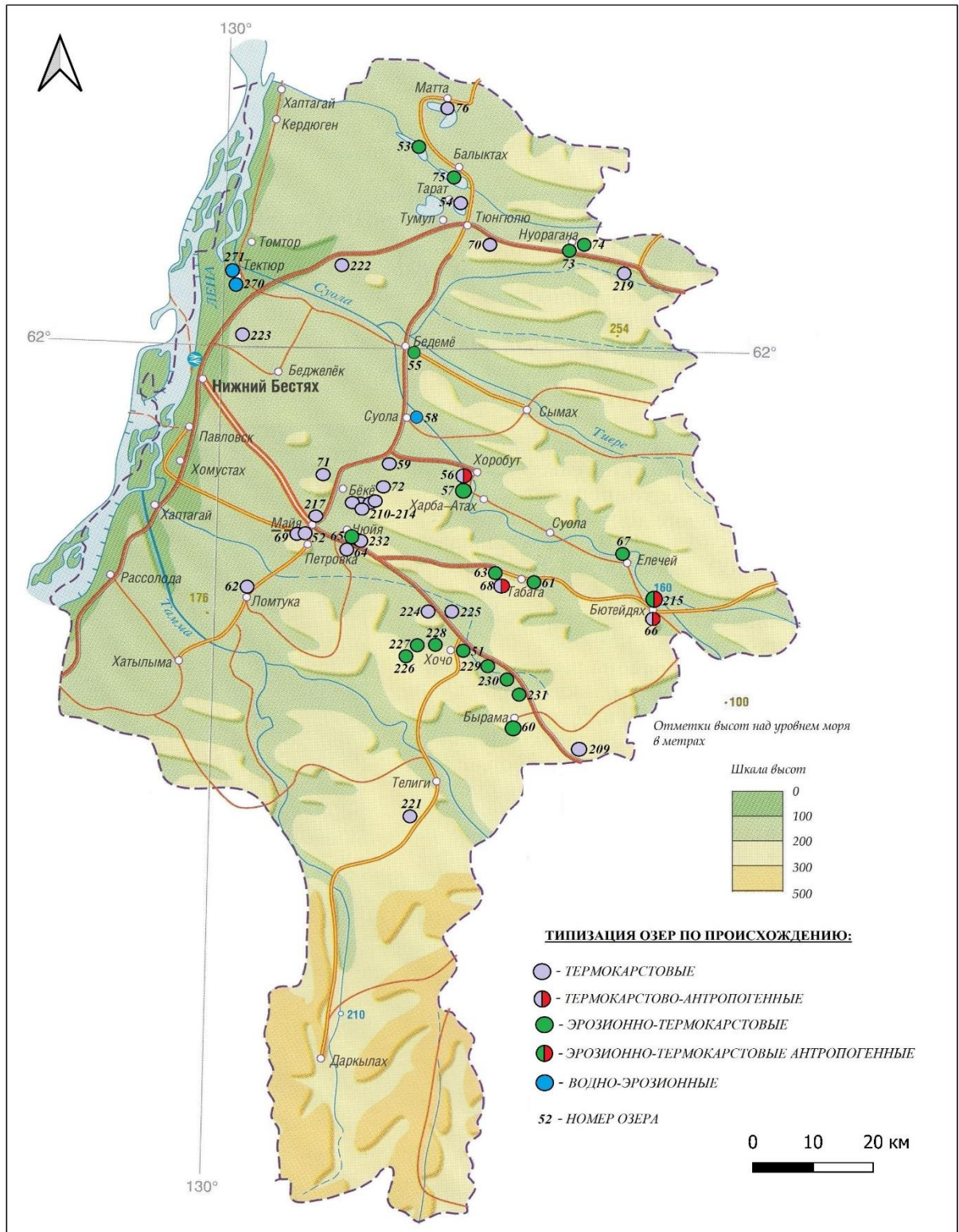
Сельское поселение (наслег)	Населенный пункт (село)	Население, чел.*	Площадь, км <sup>2</sup>	Количество озёр
<b>Мегино-Кангаласский улус – 31 наслег, 30 населенных пунктов</b>				
Алтанский	Елечёй	470	238,0	1
Бютейдахский	Бютейдах	662	440,0	2
Догдогинский	Бёкё	375	242,0	7
Жабыльский	Нуорагана	639	631,0	3
Жанхадинский	Техтюр	1087	631,0	4
Мегинский	Балыктах	759	759,0	2
Мегюрёнский	Матта	460	323,0	1
Мелдехсинский	Суола	482	482,0	2
Нахаринский 1-й	Телиги	505	505,0	1
Нахаринский 2-й	Хочо	509	509,0	9
Село Майя	Майя	7322	19,0	3
Тарагайский	Табага	784	364,0	3
Тыллыминский 1-й	Ломтука	663	414,0	1
Тюнгилюнский	Тюнгилю	2163	362,0	2
Ходоринский	Чюйя	642	233,0	3
Холгуминский	Бырама	286	200,0	2
Хоробутский	Хоробут	921	290,0	3
17 (54,8%)	17 (56,6%)	18729 (56,6%)	6642 (56,6%)	49

Антропогенно нарушенные озёра (по 1) относятся к термокарстово-антропогенному (L66) и (L215), оба относятся к Бютейдахскому наслегу.

Мегино-Кангаласский улус является одним из передовых в развитии сельского хозяйства. Здесь сельское поселение занято мясомолочным скотоводством и мясным табунным коневодством.

Зерновая культура (овёс) возделывается на корм скоту (Техтюр, Майя, Рассолода и др.). Действует завод комбикормов. Населенные пункты,

прилегающие по берегам рек, занимаются выращиванием картофеля и овощных культур (Павловск, Хаптагай, Тяхтюр и др.).



**Рисунок 3.3.3** – Карта-схема распределения разнотипных озёр по населенным пунктам Мегино-Кангаласского улуса (составлено автором)

Территория Мегино-Кангаласского улуса является опорным пунктом для развития транспортной инфраструктуры заречной, восточной и отчасти арктической групп районов республики. В 2019 году движение грузовых поездов по маршруту Томмот — Нижний Бестях был сдан для постоянной эксплуатации, и 28 июля запущен пассажирский поезд из Томмота, а 29 июля — обратно.

В настоящее время функционируют прямые грузовые и пассажирские маршруты из Нижнего Бестяха до Благовещенска, Владивостока и Иркутска. В перспективе станция может быть транзитной, и железную дорогу запланировано построить до Магадана.

Начиная с 2004 года, в улусе полным ходом идёт газификация населённых пунктов. Газифицированы 16 квартальных котельных улуса, около 1000 индивидуальных жилых домов, построены эксплуатационная база газового хозяйства заречных улусов, автоматические газораспределительные станции и пункты. Через Мегино-Кангаласский улус газовое топливо транзитом пройдёт во все заречные улусы.

В районе известны месторождения минерального сырья строительных материалов. К ним относятся Бестяхское месторождение кварцевого песка, расположенное на правом берегу реки Лены, юго-восточнее п. Нижний-Бестях. Пески пригодны для производства силикатного кирпича марки «125».

В 2007—2008 гг. в результате поисковых буровых работ, проводимых «Якутскгеологией» в бассейне р. Тамма в 100 км южнее Якутска, была открыта первая кимберлитовая трубка на юго-востоке Сибирской платформы. Ее назвали по имени Басылая Манчары – якутского народного героя, своеобразного сибирского Робина Гуда XIX в. (Смелов, 2009).

**Таттинский улус** входит в группу Лено-Амгинского междуречья, находится северо-восточном направлении от г. Якутска и лежит в пределах  $62^{\circ}0' - 63^{\circ}24' \text{ с.ш.}$  и  $132^{\circ}37' - 135^{\circ}37' \text{ в.д.}$ , высота над уровнем моря – от 90 до 400 м. Территория района составляет 18,9 тыс. км<sup>2</sup>. Расстояние от села Ытык-Кюель до столицы РС (Я) 256 км наземным и водным путем. Граничит



на северо-западе с Усть-Алданским, на юго-западе – с Чурапчинским, на северо-востоке – с Томпонским, на юго-востоке – с Усть-Майским улусами.

Рельеф местности равнинный, преобладают территории с высотой 200–300 м (Таттинский..., 2009). Юго-восточная часть относительно приподнята и занята Лено-Алданским структурно-денудационным плато. Низменности (до 100 м), расположены на севере по долинам реки Алдан, а по долинам реки Амга доходят до 150 м. Центрально-Якутская аккумулятивная равнина в пределах улуса вытянута с юга на север по бассейну реки Татта.

По тектонической структуре район разделен на две структурные единицы Сибирской платформы. Верхняя часть простирается с востока на запад, составляя часть Предверхоянского краевого прогиба, заложенного на окраине Сибирской платформы и выполненного отложениями палеозоя — юры платформенного типа и мощными (до 4–5 км) тонкообломочными угленосными молассами нижнего и верхнего мела. Нижняя часть территории улуса принадлежит чехлу Сибирской платформы и представлена верхнепалеозойским-мезозойским чехлом с глубиной залегания фундамента: на востоке более 2000 м, а на западе менее 2000 м.

В Таттинском улусе мерзлота сплошная, достигающая толщины от 100 до 300 и более 500 м. В частности, в районе с. Ытык-Кюель мощность мерзлоты доходит до 520 м. Мощность СТС по типам местности разная: крупнодолинный тип занимает водосборы крупных рек Алдана и Амги, где СТС колеблется от 0,5–3,5 м; мелкодолинный тип местности характерен по долинам рек Татта и Баяга (СТС 0,4–3,2 м); межаласный (на западе улуса – 0,8–2,4 м); аласный тип занимает западную часть и граничит с Чурапчинским улусом (0,5–3,0 м); склоновый тип – по бассейнам малых рек южной части, занимая Алдано-Амгинское и Амгино-Таттинское междуречные пространства (0,5–4,3 м). На территории улуса везде можно увидеть формы рельефа, связанные с мерзлотой: булгунняхы, быллары, байджерахи и аласы. Значительная часть мерзлотных форм рельефа находится на границе с Чурапчинским улусом и примыкает к Притаттинскому аласному району.

По Таттинскому улусу автором изучено 32 озера (17%). Пространственно они приурочены к центральной части улуса, занимая водосборные бассейны рек Татта (12) и Амга (8). Особняком выделяется группа озёр (12) на западной части района на аласном типе местности (сёла Дебдирге, Туора-Кюель).

В состав улуса входит 14 муниципальных образований, объединяющих 15 населенных пунктов. Автором изучено в лимнологическом отношении 67% сел, где проживает 81,2% населения (таблица 3.3.4).

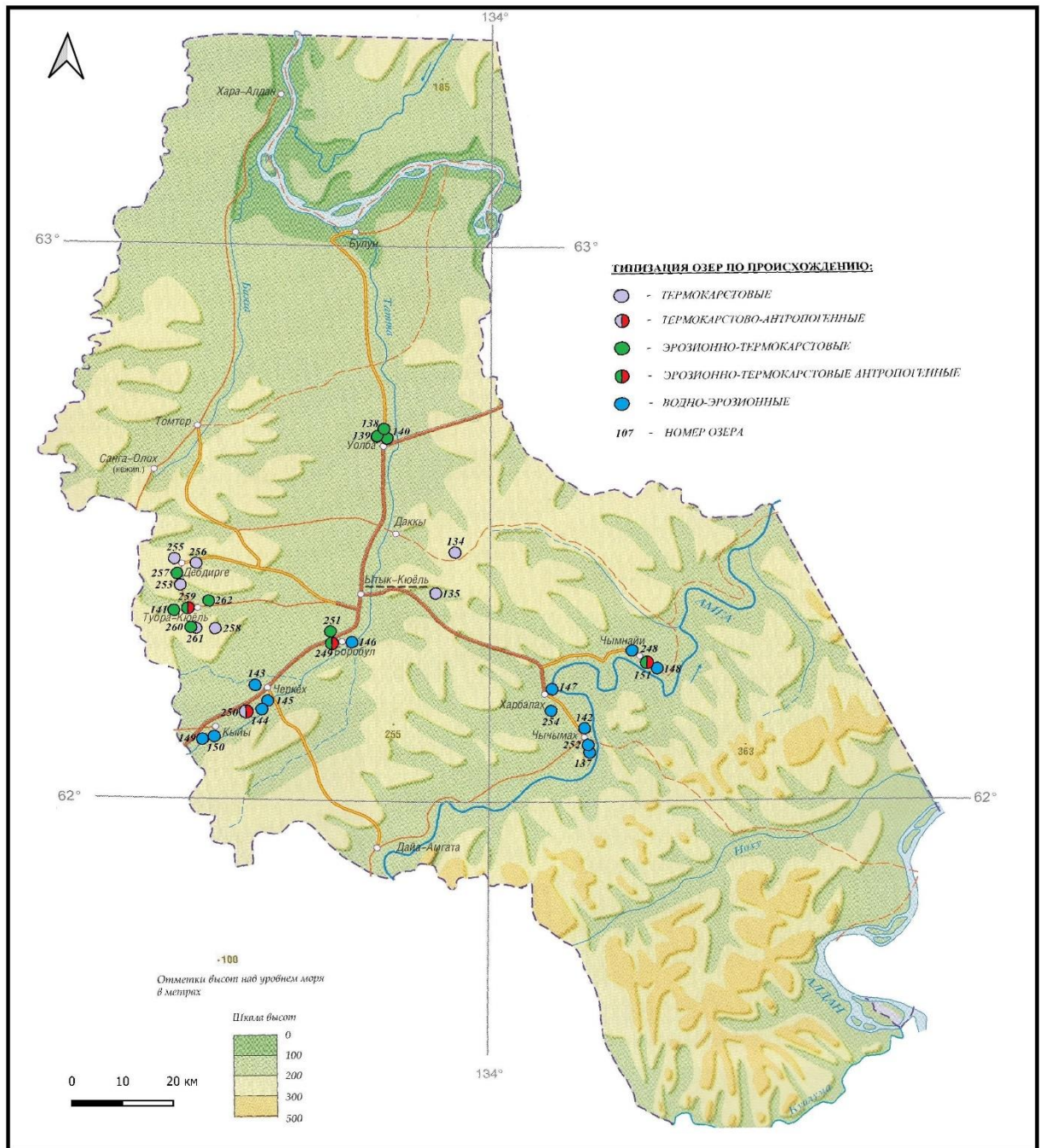
**Таблица 3.3.4** – Количество изученных озёр по административно-территориальному делению (составлено автором)

Сельское поселение (наслег)	Населенный пункт (село)	Население, чел.*	Площадь, км <sup>2</sup>	Количество озёр
<i>Таттинский улус – всего 14 наслегов, 15 населенных пунктов</i>				
Амгинский	Чычымах	666	5179,77	3
Жохсогонский	Боробул	985	2179,00	3
Жулейский	Туора-Кюель	550	404,31	6
Игидейский	Дебдирге	753	864,06	4
Октябрьский	Черкёх	1122	791,48	4
Средне-Амгинский	Харбалах	956	265,29	2
Таттинский	Ытык-Кюель	6933	632,44	2
Тыарасинский	Кыйы	719	742,85	2
Уолбинский	Уолба	534	1513,33	3
Усть-Амгинский	Чымнайи	477	2859,62	3
10 (71,4%)	10 (66,7%)	13695 (81,2%)	15432,15 (81,3%)	32

По геоморфологическому районированию П.А. Соловьева (1959), изученные 32 озера были объединены по определенным террасам р. Лены. Из них самая многочисленная группа озёр (11) расположена на Маганской террасе, занимая район с. Ытык-Кюель и правобережье рек Татта и Амга. Группа озёр (9), относящихся к Тюнгилюнской террасе, разбросаны на правом и левом берегах рек Татты (4) и Амги (5).

Следующая относительно многочисленная группа озёр (7), занимающая Бестяхскую террасу, территориально находится в районе сел Боробул, Черкёх, Кыйы, в бассейне среднего течения реки Татта. На Абалахской террасе всего зафиксировано 4 озера (сс. Туора-Кюель,

Харбалах). Единственный водоём (L248) из всей выборки, принадлежащий к нерасчлененной низкой надпойменной террасе, находится в районе с. Чымнайи. Обследованные озёра автором сгруппированы по происхождению их котловин. Выделены 13 водно-эрозионных, 8 эрозионно-термокарстовых, 7 термокарстовых, 3 эрозионно-термокарстовых антропогенных и 1 термокарстово-антропогенное озеро (рисунки 3.3.4).



**Рисунок 3.3.4** – Карта-схема распределения разнотипных озёр по населенным пунктам Таттинского улуса (составлено автором)

Озёра водно-эрозионного генезиса приурочены на левобережной части рек Амга и Татта, а эрозионно-термокарстовые, в большей степени тяготеют к правобережью этих рек.

В экономике улуса ведущую роль играет сельское хозяйство – мясо-молочное скотоводство, мясное табунное коневодство. Возделываются картофель, овощи, кормовые культуры. Развиты угольная, лесная и деревообрабатывающая, а также пищевая отрасли промышленности. Главное производственное предприятие улуса – Харбалахский угольный разрез, снабжающий топливом не только Таттинский, но и другие улусы.

**Усть-Алданский улус** — это административно-территориальная единица и муниципальное образование в Республике Саха (Якутия) Российской Федерации, расположен в Центральной Якутии. Расстояние от села Борогонцы до столицы РС (Я) 127 км наземным и водным путем. Граничит на востоке с Таттинским улусом, на юго-востоке — с Чурапчинским, на юге — с Мегино-Кангаласским, на западе — с Намским, на севере — с Кобяйским, на северо-востоке — с Томпонским районами. Площадь – 18,28 тыс. км<sup>2</sup>. Большая часть территории улуса расположена в пределах Центрально-Якутской равнины, которая является частью обширной Северо-Сибирской низменной равнины и находится в области накопления мощной толщи мезозойских и кайнозойских отложений (Леонов и др., 1971).

В верхней части этих отложений преобладают слабосцементированные и рыхлые песчаники и алевролиты с карбонатно-глинистым цементом. Мощность покрова четвертичных отложений достигает 80–100 м (Соловьев, 1959). Наибольшую мощность (до 100–300 м) имеют аллювиальные отложения. Самые древние среди них – отложения эоплейстоцена, слагающие седьмую (Табагинскую) и шестую (Абалахскую) надпойменные террасы. Аллювий Табагинской террасы в нижних слоях разреза представлен разнозернистыми кварцево-полевошпатовыми ожелезненными песками, в основании – галечниковыми, в верхних слоях – мелкозернистыми песками с прослоями супесей, трещинно-трещинножилые льды. Мощность

отложений 20–25 м. Абалахская терраса в нижней части сложена песками, в верхней – озёрно-аллювиальными суглинками. Последние П.А. Соловьев (1959) подразделяет на три отдела: верхний, сложенный суглинками, вмещающими жилы льда, средний – песками и нижний – тяжелыми льдистыми суглинками. Мощность отложений Абалахской террасы 80–130 м.

Аллювиальные отложения, слагающие все другие надпойменные террасы, относятся к плейстоцену (нижнему, среднему, верхнему). Аллювий пятой Тюнгюлюнской террасы подразделяется на две части: нижнюю (русловая фация), сложенную галечником, гравием и песком, верхнюю (пойменная фация) – суглинками, супесями и песками, включающими жильные льды. Мощность отложений достигает 80 м. Аллювий четвертой Бестяхской надпойменной террасы (нижний – средний плейстоцен) представлен мелкозернистыми кварцево-полевошпатовыми песками с галечником в основании. Мощность отложений до 100 м (Анисимова, 1959).

В Усть-Алданском улусе исследовано 36 (18%) озёр, занимающих западную и юго-восточную части согласно расположения населенных пунктов. Всего в улусе 21 наслег и 35 населенных пунктов (таблица 3.3.5).

Исследованные озёра расположены в значительной степени на территориях с временными водотоками (травяных речек), относящихся к водосборному бассейну притоков реки Алдан. Река Мас-Юрях с притоками впадает в Лену в районе с. Огородтах (рисунок 3.3.5).

Изученные озёра Усть-Алданского улуса по геоморфологическому районированию П.А. Соловьева (1959) лежат в пределах средневысотных аккумулятивно-эрозионных террас: Тюнгюлюнской (78%) и Маганской (19%). Также единственный объект (L200) принадлежит Бестяхской террасе.

Тюнгюлюнская группа озёр пространственно вытянута с юга на север, занимая западную часть улуса. Маганская озёрная группа сосредоточена локально на юго-восточной части, занимая территории Курбусахского наслега Усть-Алданского улуса.

**Таблица 3.3.5** – Количество изученных озёр по административно-территориальному делению (составлено автором)

Сельское поселение (насел.)	Населенный пункт (село)	Население, чел.*	Площадь, км <sup>2</sup>	Количество озёр
<i>Усть-Алданский улус – всего 21 наслегов, 35 населенных пунктов</i>				
Бэрт-Усовский	Сырдах	708	257,65	2
Дюпсунский	Дюпся	1306	638,47	4
Курбусахский	Ус-Кюель	973	999,62	7
Легейский	Кептени	1440	424,61	7
Мюрюнский	Борогонцы	5871	14,89	1
Наяхинский	Балыктах	927	625,69	7
Ольтёхский	Бейдинга	972	418,26	3
Онерский	Эселях	583	1525,89	3
Оспехский	Усун-Кюель	570	117,09	1
Суоттунский	Огородтах	1694	567,77	1
10 (47,6%)	10 (28,6%)	15044 (67,6%)	5589,94 (30,6%)	36

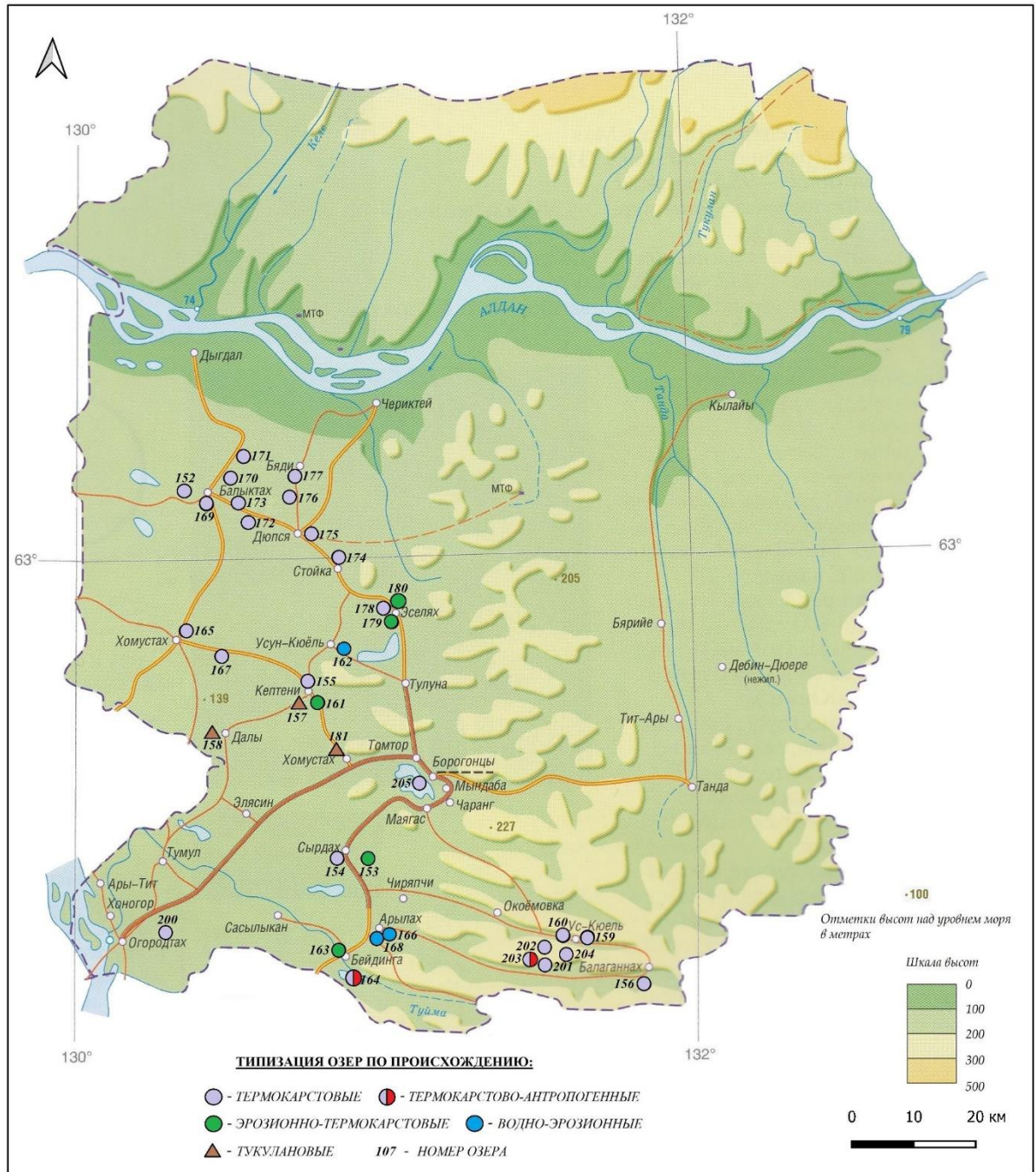
Территория улуса по пространственной классификации аласов (Шестакова, Торговкин, 2023) делится: на севере – Приалданский, на западе – Аласный, на юго-западе – Тюнгулюнский, а на востоке – Лено-Таттинский аласно-эрозионный районы. Однако большинство изученных озёр относятся к Аласному и Тюнгулюнскому аласному районам. Юго-восточная группа озёр примыкает к Лено-Таттинскому аласно-эрозионному району.

В соответствии с морфогенетической классификацией озёрные котловины подавляющего большинства (64%) изученных водоемов относятся к термокарстовому типу. Они пространственно приурочены к крупным аласам и озёрно-долинному рельефу. Незначительны эрозионно-термокарстовые (14%) озёра, расположенные в центральной части улуса, в окрестностях сел (Эселях, Кептени, Бейдинга и Сырдах).

Водно-эрозионные озёра (8%), находятся на водосборном бассейне р. Мас-Юрях, которая впадает в районе с. Огородтах в Лену.

Ведущее место в экономике Усть-Алданского улуса, как и предыдущие улусы Лено-Амгинского междуречья, занимает сельское хозяйство. Главная его отрасль — животноводство (мясо-молочное скотоводство, мясное табунное коневодство, звероводство). Земли сельскохозяйственного назначения составляют 148,2 тыс. га. Возделываются

картофель, овощи и зерновые. В улусе имеются совхозы, ассоциации, крестьянские хозяйства. Имеется мясо-молочный комбинат, предприятия местной промышленности.



**Рисунок 3.3.5** – Карта-схема распределения разнотипных озёр по населенным пунктам (составлено автором)

**Чурапчинский улус** — это административно-территориальная единица и муниципальное образование в Республике Саха (Якутия)

Российской Федерации, расположен в Центральной Якутии. Территория района лежит в пределах  $61^{\circ}15' - 62^{\circ}32'$  с.ш. и  $131^{\circ}10' - 134^{\circ}39'$  в.д., высота над уровнем моря – от 244 до 383 м. Территория района составляет 12,58 тыс. км<sup>2</sup>. Расстояние от села Чурапча до столицы РС (Я) 207 км наземным и водным путем. Граничит на севере с Усть-Алданским, на западе с Мегино-Кангаласским, на юге с Амгинским и Усть-Майским, на востоке с Таттинским улусами.

Территория улуса занимает плоский водораздел Лено-Амгинского междуречья, где северная часть расположена на древней аллювиальной Центральноякутской равнине с высотами 200–250 м и наклонена к северу и северо-востоку. Южная часть представляет часть Приленского плато высотами 300–400 м.

В течении четвертичного времени в связи с восходящими колебательными движениями всей описываемой территории происходили значительные изменения в её рельефе. Произошла дальнейшая переработка и пространственное сокращение верхнемеловой и неогеновой денудационных равнин с образованием здесь грядового, грядово-холмистого и плоско-холмистого рельефа и с расчленением их речной сетью. В раннечетвертичное время речная сеть не совпадала с современной. Это было время заложения и становления рек Амги, среднего Алдана (Коржуев, Федоров, 1962).

Климатические условия данной территории обуславливают прогрессирующее интенсивное высыхание и многолетние колебания водности озёр. Как и по всей Центральной Якутии, на территории Чурапчинского района многолетняя мерзлота распространена повсеместно. Мощность слоя многолетней мерзлоты на территории неодинакова. В центральной части района встречаются участки, где мощность мерзлых пород значительна (с. Чурапча – 400 м). Мерзлота в районе исследования низкотемпературная. Здесь имеются все разновидности подземных льдов – жильные, сегрегационные, конституционные, инъекционные льды гидролакколитов и булгунняхов, погребенные льды. Глубина сезонного



протаивания грунтов весьма различна. Например, на сырой низине с кочкарником и густым молодняком глубина протаивания 1,5 м, на плоских возвышенностях и межаласьях от 1,6 до 2,8 м, в днищах аласов вблизи озера – 2,4 м, при этом большое влияние имеет затененность территории. В температурном режиме мерзлых пород в Лено-Амгинском междуречье 10 метров у с. Чурапча наблюдалась температура -3,1 °С, в долине р. Татты -1,0 °С, а в низовьях р. Татта -3,8 °С.

Многочисленные замкнутые и полужамкнутые котловины-аласы создают своеобразный аласный рельеф на всей территории улуса. Глубина аласов достигает местами до 40 метров, в основном от 3–5 до 20–30 метров. На Лено-Амгинском междуречье широко представлены и являются преобладающими аласные луга, суходольные и мелководные луга. По пространственной классификации аласов они относятся к Притаттинскому аласному району (Шестакова, Торговкин, 2023).

В Чурапчинском улусе исследовано 58 (28%) озёр, занимающих западную и юго-восточную части согласно расположения населенных пунктов. Всего в улусе 17 наслегов и 30 населенных пунктов (таблица 3.3.6).

**Таблица 3.3.6** – Количество изученных озёр по административно-территориальному делению (составлено автором)

Сельское поселение (наслег)	Населенный пункт (село)	Население, чел.*	Площадь, км <sup>2</sup>	Количество озёр
<i>Чурапчинский улус – всего 17 наслегов, 30 населенных пунктов</i>				
Арылахский	Арылах	297	366,62	3
Болтогинский	Харбала 2-я	621	422,00	2
Кытанахский	Килянки	452	605,39	4
Мугудайский	Маралайы	807	512,52	5
Ожулунский	Дябыла	1096	626,61	3
Сыланский	Улахан-Кюель	997	790,41	1
	Усун-Кюель			3
Тёлёйский	Тёлёй-Диринг	518	234,87	5
Хадарский	Юрюнг-Кюель	602	520,39	5
Хатылынский	Харбала-1	755	719,18	8
Хаяхсытский	Туора-Кюель	526	439,25	8
Хоптогинский	Диринг	1163	609,18	8
Чакырский	Толон	577	929,63	3
12 (70,6%)	13 (43,3%)	8411 (38,3%)	6776,05 (53,9%)	58

Основная часть исследованных озёр расположена по бассейну реки Татта, которая разделяет обжитое населением пространство улуса на две части. На севере протекают реки Сев. Наммара и Юж. Наммара – левые притоки Татты. Эти водотоки являются пересыхающими в засушливые годы, так называемые «травяные» речки. На их водосборном бассейне расположены населенные пункты: Усун-Кюель, Улахан-Кюель и Килянки.

Территория улуса относится к Притаттинскому аласному району, расположенному в левобережной части бассейна реки Татта (Шестакова, Торговкин, 2023).

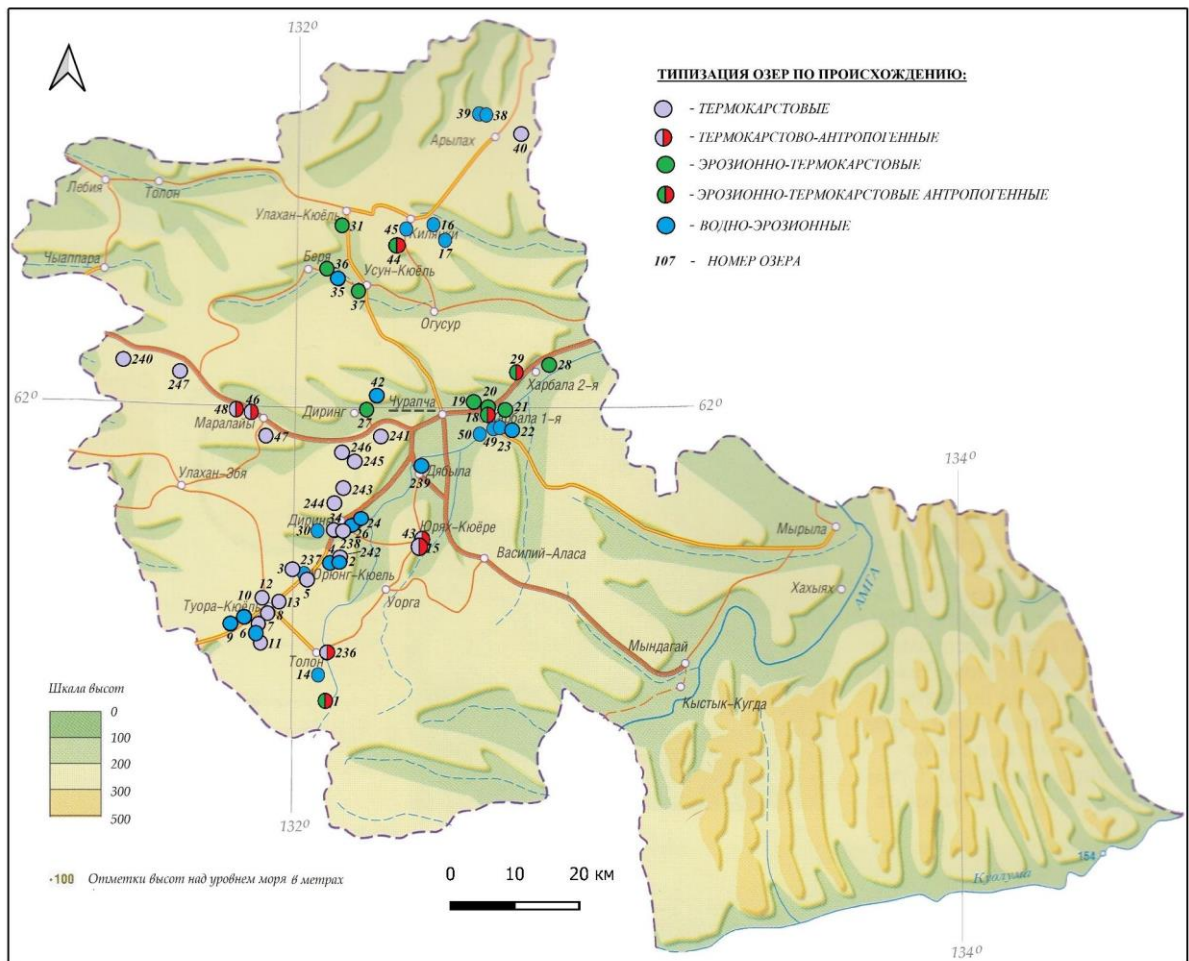
По геоморфологическому районированию (Соловьев, 1959) значительная часть (67%) изученных озёр Чурапчинского улуса принадлежит Абалахской террасе, 28% – Маганской и 5% – Эмильской террасам. Озёра Абалахской террасы занимают центральную часть улуса в основном по обоим сторонам бассейна реки Татта. Группа озёр Маганской террасы расположена в северной части улуса.

Обследованные озёра сгруппированы по происхождению их котловин следующим образом: 22 водно-эрозионных, 19 термокарстовых, 8 эрозионно-термокарстовых озёр (рисунок 3.3.6).

Антропогенно нарушенные озёра относятся к термокарстово-антропогенному (5) и эрозионно-термокарстовому антропогенному (4).

Население Чурапчинского улуса, как и все районы Центральной Якутии, занимается сельским хозяйством. Основная отрасль – животноводство, в том числе мясо-молочное скотоводство, мясное табунное коневодство и звероводство. Местное население занято выращиванием зерна, картофеля, овощей, что способствует стабильному развитию улуса. В общем объёме производства сельскохозяйственной продукции свыше 65% составляют личные подсобные хозяйства, 4,9% – сельскохозяйственные организации и около 30,1% – крестьянские (фермерские) хозяйства. Основная доля картофеля, овощей, молока производится в индивидуальных

хозяйствах. Основными производителями зерновых культур являются СХПК «Мындагай» и крестьянские (фермерские) хозяйства.



**Рисунок 3.3.6** – Карта-схема распределения разнотипных озёр по населенным пунктам Чурапчинского улуса (составлена автором)

В улусе добывают строительные материалы (суглинок, глину, гравийно-песчаный материал, песок).

### 3.4 Краткие выводы к главе 3

В геолого-геоморфологическом отношении Лено-Амгинское междуречье является частью Центрально-Якутской низменности, которая входит в состав Среднесибирского плоскогорья. Согласно геоморфологическому районированию, предложенному П.А. Соловьевым (Соловьев, 1959), изученные озёра находятся на низких, средних и высоких

террас реки Лены с высотами от 8–10 м до 194–212 м. Большая часть изученных озёр (89,7%) расположена на средневысотных аккумулятивно-эрозионных террасах реки Лены: таких как Бестяхская, Тюнгилюнская, Абалахская и Маганская (Ушницкая и др., 2014; Ушницкая и др., 2021). Однако озёра распределены по этим террасам не равномерно. Более половины (61,9%) озёр приурочены к Абалахской и Тюнгилюнской террасам, что связано с особенностями рельефа и строения подстилающих горных пород.

В своей диссертационной работе автор, опираясь на морфогенетическую классификацию, предложенную И. И. Жирковым в 2014 году, классифицировал исследуемые водоёмы по четырем генетическим типам (термокарстовые, термокарстово-эрозионные, водно-эрозионные, тукулановые). Дополнительно автором предложены два основных типа антропогенного изменения озёр: 1. Термокарстово-антропогенные озёра (ТеА) – 16 водоёмов. Эти озёра характерны для Лено-Вилуйского междуречья. 2. Эрозионно-термокарстовые озёра с антропогенным воздействием (ЕТА) – 8 водоёмов. Они также встречаются в этом районе. Большинство котловин исследованных озёр имеют термокарстовое происхождение (41,4%). Они образовались в результате оседания почвы из-за протаивания многолетнемёрзлых пород и ледового комплекса. Водно-эрозионные озёра (22,4%) и эрозионно-термокарстовые (22,9%) занимают подчинённое положение по отношению к термокарстовым. Остальные генетические типы озёрных котловин представлены незначительно. Исследованные озёра были распределены по административно-территориальным единицам: Амгинский улус — 30 озёр; Мегино-Кангаласский — 49 озёр; Таттинский — 32 озера; Усть-Алданский — 36 озёр; Чурапчинский улус — 58 озёр.

## ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЁР ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

### 4.1 Особенности морфометрических параметров разнотипных озёр

Морфометрия озёр отражает, с одной стороны, специфику развития озерных котловин, а с другой стороны, – процессы, протекающие в водной толще озёр. Поэтому многие лимнологи делают попытки классифицировать озёра по тому или иному морфометрическому признаку (Пестрякова, 1983; Власов, 2001; Потахин, 2008; Мякишева, 2009; Жирков, 2014 и др.).

В качестве основных анализируемых морфометрических показателей автором выбраны площадь водосборного бассейна, его заболоченность и облесенность, площадь водного зеркала, длина и ширина озера, его максимальная и средняя глубины, длина береговой линии, а также расстояние озера до ближайшей реки (Приложение 10). На основе указанных параметров рассчитывались коэффициент удлиненности и степень изрезанности береговой линии (Григорьев, 1959). При типизации озёр по площади водного зеркала использована классификация П.В. Иванова (1948).

Как было отмечено в разделе 2.1, абсолютные отметки уровня воды изученных озёр находились в пределах от 96 (водно-эрозионное озеро) до 278 м (термокарстовое озеро) над уровнем моря. Большинство (70%) озёр расположено на равнинных территориях с абсолютными отметками до 200 м. И лишь 30% озёр находятся на отметках выше 200 м над уровнем моря.

Для характеристики каждого конкретного озера автором был добавлен дополнительный показатель – ближайшее расстояние до самой близкой реки (Городничев и др., 2017).

Однако центральная часть территории Лено-Амгинского междуречья занята многочисленными аласными типами местности, которые находятся на

междуречьях рек Лена, Алдан, Амга, Татта и других. Поэтому изученные озёра были отнесены по соответствующим междуречьям.

Почти половина (52%) озёр расположена в пределах водосборных бассейнов 7 рек (таблица 4.1.1). Из них значительная часть отнесена к рекам: Татта (14 населенных пунктов), Суола (8) и Амга (6). Остальные реки по 1–2 населенному пункту. Расстояния озёр до ближайших рек колеблются от 0,1 до 8,7 км.

**Таблица 4.1.1** – Количество изученных озёр по бассейнам рек и междуречьям, и населенным пунктам (составлено автором)

Водотоки и междуречья	Длина реки, км	Количество изученных озёр/%	Расстояние до реки, км	Населенный пункт (количество озёр)
<b>Реки</b>				
<i>Татта</i>	414	<b>50 (24,4)</b>	0,25-8,7	Боробул (3), Дирин (7), Дябыла (1), Кыйы (2), Телей-Диринг (2), Голон (3), Туора-Кюель (8), Уолба (3), Харбала 1 (8), Харбала 2 (2), Черкёх (4), Ытык-Кюель (2), Юрюнг-Кюель (5), Юрях-Кюёре (2)
<i>Суола</i>	224	25 (12,2)	0,1-7,5	Алтанцы (6), Сатагай (5), Бютейдях (2), Елечёй (1), Суола (2), Табага (3), Техтюр (2), Хоробут (3)
<i>Амга</i>	1462	22 (10,7)	0,5-6,1	Абага (8), Бетюнцы (4), Михайловка (2), Харбалах (2), Чымнайи (3), Чычымах (3)
<i>Мас-Юрях</i>		4 (2,0)	0,9-7,5	Арылах (2), Бейдинга (2)
<i>Мыла</i>	101	4 (2,0)	1,2-1,8	Хочо (4)
<i>Тамма</i>	216	1 (0,5)	3,2	Телиги (1)
<i>Оленгнёх</i>	95	2 (1,0)	0,2-0,5	Балыктах (2)
	<b>Итого:</b>	<b>106 (51,7)</b>	<b>0,1-8,7</b>	
<b>Междуречья</b>				
<i>Лена-Татта (алас)</i>		<b>24 (11,7)</b>		Сырдах (1), Улахан-Кюель (1), Усун-Кюель (4), Хомустах (2), Маралайы (5), Дебдирге (4), Туора-Кюель (4), Телей-Дирин (3)
<i>Суола - Мыла</i>		15 (7,3)		Майя (3), Чюйя (3), Бёкё (7), Хочо (2)
<i>Лена-Алдан (алас)</i>		14 (6,8)		Балыктах (6), Бяди (2), Дюпся (2), Хомустах (Легей) (1), Эселях (3)
<i>Лена-Танда (алас)</i>		11 (5,4)		Борогонцы (1), Далы (1), Кептени (3), Сырдах (1), Килянки (4), Ус-Кюеля (1)
<i>Танда-Татта (алас)</i>		8 (3,9)		Арылах (3), Туора-Кюель (5)
<i>Суола-Тамма</i>		7 (3,4)		Эмиссы (5), Бырама (2)
<i>Суола - Оленгнёх</i>		6 (2,9)		Техтюр (1), Тюнгилю (2), Нуорагана (3)
<i>Танда-Мас-Юрях (Туйма)</i>		6 (2,9)		Ус-Кюеля (5), Балаганнах (1)
<i>Мыла-Тамма</i>		4 (2,4)		Ломтука (1), Хочо (3)
<i>Мас-Юрях-Оленгнёх</i>		2 (1)		Огородтах (1), Матта (1)
	<b>Итого:</b>	<b>99 (48,3)</b>		

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Расстояние озёр, расположенных на междуречных пространствах, колеблется в широких пределах, в частности, Лена-Татта – 9,0–42 км, Лена-

Алдан – 15–37 км, Лена-Танда – 13–32 км, Суола-Мыла – 3,5–25 км, Танда-Татта – 16–23 км, Суола-Тамма – 16–19,3 км, Суола-Оленгнëх – 9,0–17,3 км, Танда-Мас-Юрях (Туйма) – 8–15 км, Мыла-Тамма – 5–13 км, Мас-Юрях (Туйма)-Оленгнëх – 4,3–11,4 км. При этом для некоторых малых рек междуречное пространство (местность между двумя реками) значительно меньше (от 3,5 до 15 км).

Наиболее заселёнными населением оказались бассейны рек: Татта (14 населенных пунктов), Суола (8) и Амга (6). По междуречным пространствам также на первом месте находится Лена-Татта (8 населенных пунктов), на втором месте – Лена-Танда (7) и на третьем – Лена-Алдан (6).

Площадь водосборного бассейна играет большую роль в функционировании озёр, а их величина является основным показателем проточности (Драбкова, Сорокин, 1979). В работе площадь водосборных бассейнов озёр вычислена автором с крупномасштабных топографических карт методом палетки (Определение..., 2003). Площадь водосборных бассейнов изученных озёр и внесенных в БД варьирует от 0,01 км<sup>2</sup> до 138 км<sup>2</sup>. Наименьшая площадь водосборного бассейна зафиксирована для безымянного термокарстового озера (L210) Мегино-Кангаласского улуса, а самая большая – для озера Тонгус-Кыга (L110) (Амгинский улус), имеющего водно-эрозионное происхождение. У малых термокарстовых озёр водосборная площадь почти отсутствует, поэтому участие атмосферных и надмерзлотных вод в питании таких водоёмов незначительно (рисунок 4.1.1).

Обратная картина наблюдается у реликтовых термокарстовых озёр (Мюрю, Нал-Тюнгиюлю, Неммере, Матта, Майя) со значительными площадями водосборных бассейнов (от 24 до 131 км<sup>2</sup>).

Площадь водной поверхности (зеркала) озера зависит от его уровня. В БД значение этой характеристики колеблется в широких пределах от 0,0004 (озеро L155) до 36 км<sup>2</sup> (озеро L206) при среднем значении показателя 0,47 км<sup>2</sup>. Методы анализа статистических данных позволили получить характер распределения разнотипных озёр района исследования по грациям

площадей зеркала воды согласно классификации П.В. Иванова (1948). Всего получено 5 градаций. Основное количество выборки (53%) составляют озёра с площадью менее 1,0 км<sup>2</sup> (таблица 4.1.2).



**Рисунок 4.1.1** – Вид малых термокарстовых озёр на примере Юкэчинского полигона ИМЗ СО РАН (снимок Google Планета Земля дата обращения 2024-08-04 170407\_L210)

Среди всех размерных градаций по площади зеркала значительно преобладали «маленькие» (44%) и «малые» озера (40%). «Озерками» в исследуемой группе являются молодые термокарстовые водоёмы стадии «дюедя» (10%).



**Таблица 4.1.2** – Количество и распределение разнотипных озёр по морфометрическим показателям Лено-Амгинского междуречья (составлено автором)

Название класса	Группировка изученных озёр по генезису					
	<b>Те</b> (n=85)	<b>FE</b> (n=46)	<b>ET</b> (n=47)	<b>Tu</b> (n=3)	<b>TeA</b> (n=16)	<b>ETA</b> (n=8)
По площади водного зеркала (по классификации П.В. Иванову и И.С. Захаренкову)						
Озерки (0,001–0,01 км <sup>2</sup> )	16	20	-	-	-	-
Маленькие (0,01–0,1 км <sup>2</sup> )	<b>46</b>	-	19	<b>2</b>	4	2
Малые (0,1–1,0 км <sup>2</sup> )	18	<b>26</b>	<b>23</b>	1	<b>10</b>	<b>5</b>
Небольшие (1,0–10,0 км <sup>2</sup> )	4	-	5	-	1	1
Средние (10–100 км <sup>2</sup> )	1	-	-	-	-	-
По максимальной глубине (по классификации С.П. Китаева)						
С очень малой глубиной (меньше 3,12 м)	<b>55</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	1	<b>11</b>	<b>6</b>
С малой глубиной (3,12–6,25 м)	25	7	8	<b>2</b>	3	2
Со средней глубиной (6,25–12,5 м)	3	1	3	-	2	-
С повышенной глубиной (12,5–25 м)	3	-	-	-	-	-
По средней глубине (по классификации С.П. Китаева)						
Очень малые (меньше 2 м)	<b>70</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	1	<b>12</b>	<b>7</b>
Малые (2–4 м)	24	1	6	<b>2</b>	4	1
Средние (4–8 м)	3	-	-	-	-	-
Большие (8–16 м)						
Очень большие (больше 16 м)						
По форме зеркала озера ( $K_{удл}$ ) (по классификации С.В. Григорьева)						
Округлая ( $K_{y < 1,5}$ )	16	1	<b>23</b>	1	8	2
Близкая к округлой ( $K_y = 1,5–3,0$ )	<b>48</b>	<b>21</b>	13	-	5	<b>3</b>
Близкая к овальной ( $K_y = 3,0–5,0$ )	16	11	12	<b>2</b>	3	1
Овально-удлиненная ( $K_y = 5,0–7,0$ )	4	3	7	-	-	2
Удлиненная ( $K_y = 7,0–10,0$ )	1	2	4	-	-	1
Озера, вытянутые в виде “борозды” ( $K_y > 10$ )	-	8	1	-	-	2
По степени изрезанности береговой линии						
Слабоизрезанная (<1,5)	<b>70</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	3
Среднеизрезанные (1,5–2,0)	3	5	1	1	2	-
Сильноизрезанные (более 2,0)	12	15	17	-	<b>7</b>	<b>5</b>

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке. Группа озёр: Те – термокарстовые, FE – водно-эрозионные, ET – эрозионно-термокарстовые, Tu – тукулановые, TeA – термокарстово-антропогенные, ETA – эрозионно-термокарстовые антропогенные

Самым большим по размеру в данном регионе считается озеро Мюрю (L205), расположенное на одноименном реликтовом аласе (рисунок 4.1.2). Остальные 204 водоёма значительно уступают по площади водного зеркала (меньше в 8 и более раз).

В качестве важной характеристики озёр в лимнологии введено (Григорьев, 1958) понятие удельного водосбора или удельного бассейна озера.



**Рисунок 4.1.2** – Самое крупное термокарстовое озеро Мюрю (снимок Google Планета Земля дата обращения 2024-08-04 170408\_L205)

Этим показателем устанавливается количественная связь озера с непосредственной средой его питающей — бассейном или водосбором. Именно бассейн озера определяет величину поступления в водоём всякого рода веществ, стока с поверхности водосбора: жидкого, твердого (эрозионного), химического — ионного; количества тепла, вносимого в озеро его притоками. Притоки озера являются элементами бассейна озера, его гидрологическим выражением (Чеботарев, 1953; Григорьев, 1958). Многообразные сочетания площадей озёр и их водосбора в природе укладываются в спектр показателей удельного водосбора озёр. Удельный водосбор характеризует, прежде всего, естественную регулируемую способность водоёма. Чем меньше удельный водосбор озера, а значит и величина удельного притока в него, тем оно легче справляется с его переработкой и тем меньше годовое колебание его уровня. Значение удельного водосбора в БД автора колеблется в широких пределах от 0,04

(озеро L168) до 1600 (озеро L155) при среднем значении показателя – 40,1. Количественное распределение озёр по размерам их водосборного бассейна выявило, что абсолютное большинство имеет очень малые размеры (таблица 4.1.3).

**Таблица 4.1.3** – Количество и распределение изученных озёр по размерам водосбора (составлено автором)

<i>Размер водосбора</i>	<i>Площадь, км<sup>2</sup></i>	<i>Количество озёр (n=205), %</i>
Очень малый	<5	<b>86,3</b>
Малый	5,01–10,0	4,4
Небольшой	10,01–20,00	3,9
Средний	20,01–40,00	1,5
Большой	40,01–80,00	2,4
Очень большой	>80,01	1,5

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Общее число озёр с большой и очень большой площадью водосбора насчитывает всего 8, большинство их находится на территории Мегино-Кангаласского улуса.

По структуре угодий водосборной площади выделяются лесные, болотные, сельскохозяйственные и сложные водосборы (Власов, 2001). Однако при составлении БД озёр автором не были выделены водосборы с сельскохозяйственными угодьями. Водосборы лесные (75–100%) и преимущественно лесные (50–75%) характерны для 48 % общего числа озёр Лено-Амгинского междуречья (таблица 4.1.4).

**Таблица 4.1.4** – Количество и распределение изученных озёр по структуре водосбора (составлено автором)

<i>Структура водосбора</i>	<i>Доля угодий, %</i>	<i>Количество озёр (n=205), %</i>
Преимущественно лесные	50–75	<b>30,7</b>
Лесные	75–100	17,1
Заболоченные	50–75	2,0
Болотные	75–100	-

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Болотные угодья отсутствуют, а заболоченные водосборы занимают всего 2% изученных озёр.

Самый высокий показатель удельного водосбора наблюдается у термокарстовых озёр, а самый низкий – у эрозионно-термокарстовых антропогенных озёр (таблица 4.1.5). Следовательно, озёра этих генезисов слабо справляются с величиной удельного притока воды и обладают слабой регулирующей способностью.

**Таблица 4.1.5** – Показатель удельного водосбора разнотипных озёр Лено-Амгинского междуречья (составлено автором)

Тип генезиса озёр	Показатель удельного водосбора								Среднее	Число озёр (n=205)
	<2	2-4	4-8	8-16	16-32	32-64	64-128	> 128		
Водно-эрозионные	5	11	7	9	8	1	2	3	40,2	46
Термокарстовые	9	9	7	21	19	9	10	1	<b>49,7</b>	85
Термокарстово-антропогенные	2	3	6	2	1	1	1	-	16,6	16
Тукулановые	-	-	1	-	1	1	-	-	25,9	3
Эрозионно-термокарстовые	4	3	6	17	10	3	2	2	37,1	47
Эрозионно-термокарстовые антропогенные	-	4	3	-	-	1	-	-	8,5	8
Всего:	20	30	30	49	39	16	15	6	40,1	205

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

В Якутии нередко водоёмы промерзают до самого дна, образуя комковатый слой, так называемый «криослой» (устное сообщение Д.А. Субетто) (рисунок 4.1.3). С возрастанием глубины котловины создаются наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности гидробионтов, формируются новые экологические ниши, что в значительной степени влияет на функционирование всей озёрной системы. Исходя из этого, изученные объекты были группированы по их максимальной глубине с использованием классификации С.П. Китаева (2007) (см. таблица 4.1.3).

Показатель максимальной глубины колеблется от 1,0 до 19 м при среднем значении – 3,1 м. Абсолютное большинство изученных озёр относились к водоёмам «с очень малой глубиной» (меньше 3,12 м) – 71% и

«с малой глубиной» (3,12-6,25 м) – 23%. Аналогичная ситуация сложилась и при группировке озёр по их происхождению. В целом, большинство изученных озёр имеет (от 65 до 83% от общего числа) максимальную глубину менее 3 м. Озёр с большей глубиной в БД имеется всего 3 озера: озеро Балыктах – 18,8 м, озеро Сырдах – 13,0 м (Усть-Алданский улус) и озеро Лыбынтах – 13,0 м (Чурапчинский улус), относящиеся к молодым термокарстовым водоёмам.



**Рисунок 4.1.3** – Криослой донных отложений озера (фото автора)

Количественное распределение водоёмов по средней глубине существенно не отличается от предыдущего. Средняя глубина колеблется от 0,3 до 8,0 м. Абсолютное большинство (87%) имеет глубину до 2 м. Озёр с малой глубиной (2–4 м) насчитывается около 11%. По генезису озёрных котловин, также как предыдущий показатель – везде преобладали озёра «с очень малой глубиной».

Показатели, характеризующие подводную (коэффициенты ёмкости, открытости, глубинности) и надводную (коэффициенты удлиненности, изрезанности) формы озёрных котловин, являются производными морфометрических характеристик (Власов, 2001).

Коэффициенты ёмкости, рассчитанные по отношению к средней и максимальной глубинам озера, показывают, что подводную часть водоёма можно условно принять за правильную геометрическую фигуру: конус, параболоид, полуэллипс, цилиндр. Значительная часть (81%) озёр имеют параболоидную и полуэллиптическую формы котловин (таблица 4.1.6).

**Таблица 4.1.6** – Количество и распределение изученных озёр по коэффициенту ёмкости (составлено автором)

<i>Форма котловины</i>	<i>Коэффициент ёмкости</i>	<i>Количество озёр (n=205), %</i>
Коническая	<0,33	10
Параболоидная	0,33-0,50	<b>48</b>
Полуэллиптическая	0,51-0,66	33
Цилиндрическая	>0,66	9

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Показатель открытости озёр изменяется от 0,0003 (озеро L155) до 20,9 (озеро L205) (таблица 4.1.7). Последний относится к озеру Мюрю, имеющему округлые формы котловины.

**Таблица 4.1.7** – Количество и распределение изученных озёр по степени открытости (составлено автором)

<i>Степень открытости котловины</i>	<i>Показатель открытости</i>	<i>Количество озёр (n=205), %</i>
Слабо открытые	<0,1	<b>56,6</b>
Умеренно открытые	0,1-0,5	33,7
Открытые	0,51-5,0	9,3
Хорошо открытые	>5,0	0,5

Степень глубинности (коэффициент относительной глубины) характеризует укрытость озёрной котловины, степень стратифицированности водной массы, мощность гипolimниона, различия гидрохимических показателей поверхности и придонных слоев (Власов, 2001). Коэффициент относительной глубины меняется лишь в пределах двух градаций: менее 1 – наибольшая часть (87%) от общей выборки, и лишь 13% имели коэффициент от 1 до 5 (таблица 4.1.8). Озёр с высокими коэффициентами (более 5,0) не оказалось на территории Лено-Амгинского междуречья.

**Таблица 4.1.8** – Количество и распределение изученных озёр по коэффициенту глубинности (составлено автором)

Коэффициент относительной глубины (степень глубинности)	Количество озёр ( $n=205$ ), %
<1	87
1-5,0	13
5,1-10	-
>10	-

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Длина береговой линии озёр меняется в широком диапазоне – от 0,03 км (L70 или оз. Дюедя) до 120 км (L109 или оз. Усун-Кюель), в среднем составляя 2,9 км.

К показателям надводной формы озера относятся коэффициенты удлиненности и изрезанности (развития) его береговой линии (Власов, 2001). Форма озёрных котловин, охарактеризованная по значениям показателя удлиненности, меняется от округлой (12%) до удлиненной (69%) (таблица 4.1.9).

**Таблица 4.1.9** – Количество и распределение изученных озёр по форме котловин (составлено автором)

Форма котловины	Показатель удлиненности	Количество озёр ( $n=205$ ), %
Округлая	<1,5	12
Овальная	1,5-2,0	19
Удлиненная	>2,0	<b>69</b>

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Количественное распределение по градациям изрезанности (развития) береговой линии озера имеет ярко выраженный характер, где абсолютно преобладали слабоизрезанные (137 озёр) (таблица 4.1.10). К слабоизрезанным относятся преимущественно озёра термокарстового типа.

Из всех объектов по многим показателям существенно выделяется оз. Мюрю, входящее во вторую (II) группу. Это самый большой по размерам, уникальный по своим природным характеристикам реликтивно-

термокарстовый водоём, расположенный на самом большом в мире аласе с одноименным названием Мюрю (от якут. Мүрү море).

**Таблица 4.1.10** – Количество и распределение изученных озёр по степени изрезанности (составлено автором)

<i>Степень изрезанности</i>	<i>Показатель изрезанности</i>	<i>Количество озёр (n=205), %</i>
Слабоизрезанные	<1,5	<b>67</b>
Среднеизрезанные	1,5-2,0	6
Сильноизрезанные	>2,0	27

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

## 4.2 Физико-химические особенности природных вод озёр

### 4.2.1 Физико-химические характеристики озёрных вод

Гидрохимические характеристики воды озёр определяют ее пригодность для промышленного, сельскохозяйственного, коммунально-бытового и питьевого водоснабжения. Химический состав воды тесно связан с составом воды притоков и питающих озеро подземных, грунтовых вод и определяется всем комплексом климатических, гидрогеологических, почвенных, геологических и других условий, характеризующих бассейн водосбора озера. Несмотря на то, что озёра питаются преимущественно выпадающими в них водами рек, химический состав их воды может сильно отличаться от состава речной воды даже в пределах одного и того же бассейна озера. Причины этого различия в составе воды и гидрохимического режима озёр являются особенностью озера как водоёма.

К основным природным факторам, формирующим химический состав озёрных вод Лено-Амгинского междуречья, следует отнести атмосферные осадки (в виде снега и дождя), почвенный покров, подземные воды. Также большое влияние оказывает семи-аридный климат и, как следствие этого, вода озёр нередко обладает высокой минерализацией.



Химический состав воды термокарстовых озёр и его динамика находятся в зависимости от химизма льдосодержащих суглинков, при протаивании которых они сформировались, а также от гидрологического режима, связанного с особенностями резко континентального климата Центральной Якутии, определяющего весьма интенсивное испарение воды летом, глубокое промерзание зимой, слабую восполняемость озёр атмосферными осадками (Аласные..., 2005; Пестрякова, 2008). Кроме того, на химический состав озёрных вод оказывают влияние интенсивно протекающие в донных отложениях биохимические процессы, а также взаимодействие с подземными водами развитого под озером талика (Анисимова, 1981; Ксенофонтова, 2009). При хозяйственном освоении аласов на минерализацию воды озёр может повлиять сток загрязнённых растворов из верхних сезонно-талых слоев пород днища котловины (Аласные..., 2005).

Детальные исследования химического состава льда и вмещающих его пород ледового комплекса, проведенные Институтом мерзлотоведения СО РАН на Лено-Амгинском междуречье (Анисимова, 1981; Аласные..., 2005; Павлова и др., 2023), показали, что расплав жильного льда имеет минерализацию 0,05–0,09 г/л, с преобладанием в ионном составе гидрокарбонатов кальция и магния. Содержание ионов хлора в нем невелико, ионы сульфатов отсутствуют. В льдовмещающих суглинках концентрация водно-растворимых солей изменяется от 0,1 до 0,5% (Ксенофонтова, 2009).

На повышенных участках Тюнгулюнской террасы в солевом составе суглинков преобладают гидрокарбонаты и сульфаты кальция и магния, а на пониженных тыловых ее частях – хлориды натрия (при повышенном содержании гидрокарбонатов и сульфатов натрия и магния) (озеро Мюрю, L205).

Сульфаты, широко распространенные в льдовмещающих породах, содержатся в небольших количествах, а чаще полностью отсутствуют. Это явление объясняется биохимическими процессами десульфатизации, протекающими в донных отложениях озёр при участии

сульфатредуцирующих бактерий. В результате выделяется свободная углекислота, а в растворе появляются сернистые соединения и гидрокарбонаты. Это приводит к растворению бывших в осадках карбонатов кальция и магния и вытеснению в раствор ионов натрия, поглощенного суглинками и илами. Карбонаты и гидрокарбонаты натрия, диффундируя из иловых растворов в озёрную воду, повышают ее щелочность. В молодых озёрах реакция воды слабощелочная (рН 8,0-8,4), в зрелых полноводных озёрах она выше (рН 8,6-8,8). Щелочность воды этих озёр повышается в процессе выпадения из раствора в осадок углекислого кальция и магния в период льдообразования на озёрах (Анисимова, 1981; Павлова и др., 2023). Соответственно эти процессы понижают жесткость воды, хотя она сохраняется довольно высокой и в озёрах обсыхающих котловин.

Минерализация зрелых полноводных термокарстовых озёр обычно превышает 1 г/л, в солевом составе преобладают карбонаты и гидрокарбонаты магния и натрия (при отсутствии сульфатов). В усыхающих озёрах эти характеристики в общем сохраняются. Лишь в мелководных больших по площади озёрах отмечается повышенная минерализация воды, связанная с испарением, миграцией компонентов из толщи илов и промерзающих подозёрных таликов (Анисимова, 1971).

Определенная роль в формировании химического состава озёр отводится взаимодействию их с водами подозёрного талика.

Талики, или талые (таликовые) зоны, представляющие собой толщ талых или немёрзлых горных пород, которые развиты ниже слоя сезонного промерзания и существуют непрерывно более года (Романовский, 1972). Сезонно оттаивающие отложения, существующие в талом состоянии менее одного года, таликами не являются. Прерывисто-таликовое и сплошное распространение многолетнемерзлых пород по площади, где пространства, занятые талыми породами, имеют меньшие площади, чем мерзлые толщ, обычно называют «талики». При островном и массивно-островном распространении мерзлых пород по площади правильнее говорить о талых

(таликовых) зонах или массивах талых пород. Талики и таликовые зоны, окруженные мерзлыми толщами только по боковым поверхностям, т. е. пронизывающие мерзлую толщу насквозь, называются сквозными, а подстилаемые на некоторой глубине многолетнемерзлыми породами – несквозными, или надмерзлотными.

Озёра характеризуются замедленным стоком, вода в них находится длительное время, и при наличии соответствующих климатических условий – это обстоятельство способствует повышению минерализации воды. Кроме того, для якутских озёр характерно значительное вымораживание растворов. Важным следствием замедленного обмена озера является также резкая разнородность состава воды, главным образом, по глубине.

Еще одна важная особенность озера как водоёма – это его размер. От величины и глубины озера зависит, насколько быстро в нём нагревается вода. А это, в свою очередь, влияет на интенсивность биологических процессов, которые происходят в озере. Эти процессы играют ключевую роль в формировании состава воды.

Химический состав воды в озёрах формируется под воздействием множества факторов. Среди них можно выделить размеры и особенности водосборной площади, котловины и озёрной ванны. Также играют роль интенсивность водообмена, состав солей, поступающих в озеро с питающими водами, и гидрогеологические структуры, лежащие в основе водосборной площади. Кроме того, на химический состав воды оказывают влияние физико-химические, биологические процессы, происходящие в водоёме. Степень воздействия каждого из этих процессов на химический состав воды зависит от конкретных природных условий, в которых находится озеро.

Рассматриваемые озёра хорошо прогреваются, и в них активно идут биологические процессы. Уровень кислорода в воде этих озёр варьируется от 1,0 до 12,0 мг/л, что свидетельствует о том, что в некоторых из них наблюдается дефицит кислорода.

Одним из ключевых показателей качества воды является прозрачность. Она косвенно свидетельствует о наличии взвешенных частиц и коллоидов в воде.

В авторской базе данных было обнаружено, что 69% озёр имеют глубину не более 3,0 м. Это соответствует ранее полученным результатам для данного региона (Пестрякова, 2008). Важно отметить, что мелководность озёр является косвенным фактором, способствующим «цветению» воды. Это, в свою очередь, приводит к снижению качества воды, что негативно сказывается на её использовании в питьевых целях и на жизнедеятельности водных организмов.

Показатель прозрачности воды варьировался от 0,1 (озёра L123 и L203) до 2,0 м (озеро L244). Самая низкая прозрачность воды характерна для озёр, нарушенных в результате антропогенной деятельности, таких как термокарстово-антропогенные озёра. Изученные озёра имеют «очень низкую» и «низкую» прозрачность воды, что подтверждается данными, представленными в таблице 4.2.1.1.

**Таблица 4.2.1.1** – Количество и классификация изученных озёр в зависимости от прозрачности воды (по Власову, 2001)

<i>Прозрачность воды</i>	<i>Показатель прозрачности</i>	<i>Количество озёр (n=205), %</i>
Очень низкая	<1,0	<b>89*</b>
Низкая	1,1-2,0	11
Средняя	2,1-4,0	-
Высокая	4,1-8,0	-
Очень высокая	>8,0	-

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Концентрация углекислого газа на поверхности воды варьируется от 0,2 до 0,4 (озеро Кюрюёлях, L165) до 2,8 мг/л (озеро Тыымпы, L173). На дне же его содержание может достигать 18,3 мг/л. Такой высокий уровень углекислого газа объясняется интенсивными процессами окисления, происходящими при разложении отмирающего планктона. Кроме того, ветер способствует перемещению водных масс, что приводит к поступлению углекислого газа из придонных слоёв воды и из донных отложений.

Активная реакция среды (рН) представляет собой важный индикатор кислотности или щелочности воды. Она отражает содержание веществ, которые придают воде кислотные или основные свойства.

В базе данных, созданных автором, по изученным озёрам Лено-Амгинского междуречья, значения рН варьируются от 5,5 (слабокислая вода) до 10,5 (сильнощелочная). При этом большинство озёр имеют нейтрально-слабощелочную среду (до 82%) (таблица 4.2.1.2).

**Таблица 4.2.1.2** – Классификация изученных озёр по активной реакции (рН) воды (Гидрохимические..., 2000)

<i>Активная реакция воды</i>	<i>Величина рН</i>	<i>Количество озёр (n=205), %</i>
Кислые	3,0-5,0	-
Слабокислые	5,1-6,5	3,9
Нейтральные	6,51-7,5	<b>50,7*</b>
Слабощелочные	7,51-8,5	31,2
Щелочные	8,51-9,5	11,7
Сильнощелочные	более 9,51	2,4

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Исследование пространственного распределения кислотности озёрных вод было проведено на основе данных по террасам среднего течения реки Лена (по Соловьеву, 1959) (таблица 4.2.1.3).

**Таблица 4.2.1.3** – Характеристика рН воды изученных озёр по террасам р. Лена

Терраса	Количество озёр (n=205)	%	Характеристика рН воды
	3	1,5	слабокислая
	<b>28*</b>	<b>13,7</b>	<b>нейтральная</b>
<b>Абалахская (n=64)</b>	19	9,3	слабощелочная
	12	5,9	щелочная
	2	1,0	сильнощелочная
<b>Низкая надпойменная (n=1)</b>	1	0,5	нейтральная
	<b>7</b>	<b>3,4</b>	<b>нейтральная</b>
<b>Бестяхская (n=12)</b>	2	1,0	слабощелочная
	1	0,5	щелочная
	2	1,0	сильнощелочная
<b>Маганская (n=45)</b>	1	0,5	слабокислая
	<b>24</b>	<b>11,7</b>	<b>нейтральная</b>
	16	7,8	слабощелочная
	4	2,0	щелочная
<b>Тюнгюлюнская (n=63)</b>	3	1,5	слабокислая
	<b>36</b>	<b>17,6</b>	<b>нейтральная</b>
	20	9,8	слабощелочная
	4	2,0	щелочная

	1	0,5	слабокислая
	<b>8</b>	<b>3,9</b>	<b>нейтральная</b>
Эмильская (n=20)	7	3,4	слабощелочная
	3	1,5	щелочная
	1	0,5	сильнощелочная

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

В целом на всех выделенных террасах преобладают озёра с нейтральным (до 51%) и слабощелочным (31,2%) рН. Более щелочные воды (рН>7) характерны для озёр Абалахской (до 16%) и Тюнгиюлонской (до 12%) террас.

Анализ характеристик рН разнотипных озёр также указывает на преобладание нейтрально-слабощелочных вод (таблица 4.2.1.4; рисунок 4.2.1.1). При этом эти воды характерны для озёр термокарстового типа. На втором месте озёра водно-эрозионного происхождения. Более щелочная среда отмечена в водах термокарстовых (до 22%) и эрозионно-термокарстовых (11%) водоёмов.

**Таблица 4.2.1.4** – Характеристика рН воды изученных озёр по генезису озерной котловины

Генезис озёрной котловины	Количество озёр	%	Характеристика воды
Водно-эрозионный (n=46)	1	0,5	слабокислая
	<b>33*</b>	<b>16,1</b>	<b>нейтральная</b>
	12	5,9	слабощелочная
Термокарстовый (n=85)	3	1,5	слабокислая
	<b>37</b>	<b>18,0</b>	<b>нейтральная</b>
	25	12,2	слабощелочная
	16	7,8	щелочная
	4	2,0	сильнощелочная
Термокарстово-антропогенный (n=16)	1	0,5	слабокислая
	5	2,4	нейтральная
	<b>7</b>	<b>3,4</b>	<b>слабощелочная</b>
	3	1,5	щелочная
Эрозионно-термокарстовый (n=47)	3	1,5	слабокислая
	<b>22</b>	<b>10,7</b>	<b>нейтральная</b>
	18	8,8	слабощелочная
	4	2,0	щелочная
Эрозионно-термокарстово-антропогенный (n=8)	<b>5</b>	<b>2,4</b>	<b>нейтральная</b>
	2	1,0	слабощелочная
	1	0,5	щелочная
Тукулановый (n=3)	<b>2</b>	<b>1,0</b>	<b>нейтральная</b>
	1	0,5	слабощелочная

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

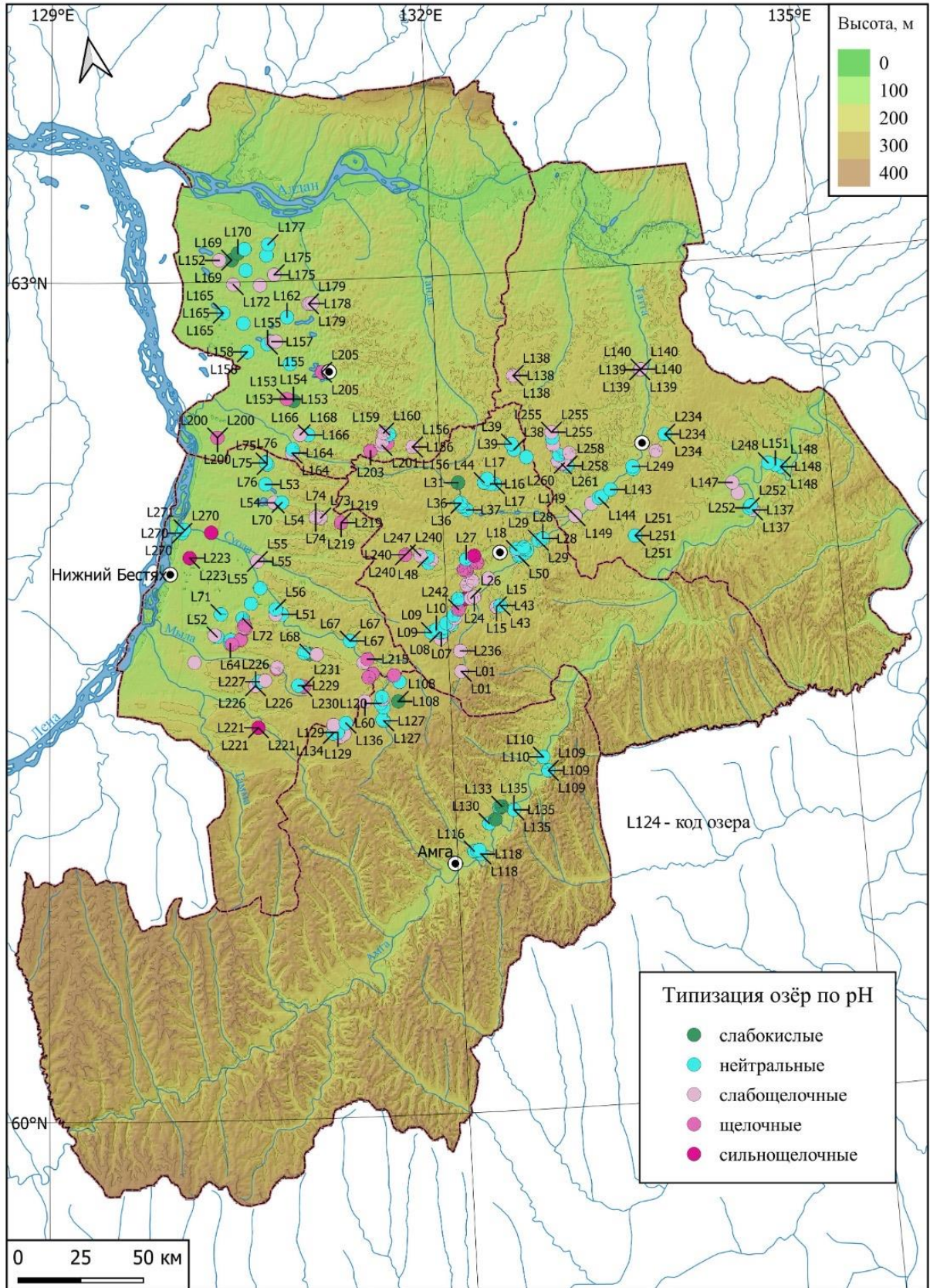


Рисунок 4.2.1.1 – Карта типизации озёр Лено-Амгинского междуречья по pH  
(составлено автором)

По улусам преобладающими группами вод с нейтральной реакцией рН являются озёра Чурапчинского (17,6%), Амгинского и Мегино-Кангаласского (по 9,8%) районов (таблица 4.2.1.5). В озёрах Таттинского (8,3%) и Усть-Алданского (7,3%) улусов ведущей группой становится слабощелочная среда. Также следует отметить, что для озёр Мегино-Кангаласского и Чурапчинского улусов характерно широкое разнообразие характеристик рН (от слабокислых до сильнощелочных).

**Таблица 4.2.1.5** – Показатели рН воды изученных озёр по улусам Лено-Амгинского междуречья

Улус	Количество озёр ( $n=205$ )	%	Определение рН воды
Амгинский ( $n=30$ )	3	1,5	слабокислая
	<b>20*</b>	<b>9,8</b>	<b>нейтральная</b>
	4	2,0	слабощелочная
	3	1,5	щелочная
Мегино-Кангаласский ( $n=49$ )	1	0,5	слабокислая
	<b>20</b>	<b>9,8</b>	<b>нейтральная</b>
	14	6,8	слабощелочная
	11	5,4	щелочная
Таттинский ( $n=32$ )	3	1,5	сильнощелочная
	15	7,3	нейтральная
	<b>17</b>	<b>8,3</b>	<b>слабощелочная</b>
Усть-Алданский ( $n=36$ )	3	1,5	слабокислая
	13	6,3	нейтральная
	<b>15</b>	<b>7,3</b>	<b>слабощелочная</b>
	5	2,4	щелочная
Чурапчинский ( $n=58$ )	1	0,5	слабокислая
	<b>36</b>	<b>17,6</b>	<b>нейтральная</b>
	14	6,8	слабощелочная
	5	2,4	щелочная
	2	1,0	сильнощелочная

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Для озёрных вод Таттинского улуса их всего два (нейтральная и слабощелочная). Наиболее благоприятной для развития водной флоры и фауны беспозвоночных и ихтиофауны является среда, имеющая рН в пределах 6–8.

Таким образом, большинство изученных озёр имеет благоприятную среду для развития гидробионтов, рН воды в них не доходит до границ, являющихся вредными и губительными для биоты.

Минерализация исследованных озёрных вод изменяется в широких пределах: от 103 до 5033,3 мг/л, при среднем значении – 733,5 мг/л. Самое



низкое значение минерализации отмечено для озера L229, а наиболее высокая минерализация – для озера L222. Среди озёр по данному показателю выделены группы ультрапресных и пресных (39%) вод, водных объектов с повышенной минерализацией (41%) и высокоминерализованных (20,5%) водоёмов. Преобладающей группой для исследуемых озёр является воды с повышенной минерализацией (таблица 4.2.1.6).

**Таблица 4.2.1.6** – Минерализация вод изученных озёр Лено-Амгинского междуречья (Гидрохимические..., 2000)

Категория вод	Минерализация, мг/л	Количество озёр (n=205)	%
Ультрапресные (слабопресная)	до 200	6	2,9
Пресные	200 - 500	74	36,1
С повышенной минерализацией	501 - 1000	<b>83</b>	<b>40,5</b>
Солоноватые	1001 - 3000	40	19,5
Солёные	3001 - 10000	2	1,0

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Общая минерализация воды изученных озёр Лено-Амгинского междуречья по террасам среднего течения р. Лена в большей степени (80%) тяготеет к диапазону значений в пределах 1000 мг/л (таблица 4.2.1.7).

**Таблица 4.2.1.7** – Минерализация вод изученных озёр по террасам р. Лена (составлено автором)

Террасы	Количество озёр (n=205)	%	Категория вод
Абалахская (n=64)	1	0,5	ультрапресная
	<b>28</b>	<b>13,7</b>	<b>пресная</b>
	26	12,7	с повышенной минерализацией
	9	4,4	солончатая
Бестяхская (n=12)	2	1,0	ультрапресная
	4	2,0	с повышенной минерализацией
	<b>5</b>	<b>2,4</b>	<b>солончатая</b>
	1	0,5	солёная
Низкая надпойменная (n=1)	<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>с повышенной минерализацией</b>
Маганская (n=45)	1	0,5	ультрапресная
	15	7,3	пресная
	<b>24</b>	<b>11,7</b>	<b>с повышенной минерализацией</b>
	5	2,4	солончатая
Тюнгюлюнская (n=63)	1	0,5	ультрапресная
	19	9,3	пресная
	<b>22</b>	<b>10,7</b>	<b>с повышенной минерализацией</b>
	20	9,8	солончатая
	1	0,5	солёная

Эмильская (n=20)	1	0,5	ультрапресная
	<b>12</b>	<b>5,9</b>	<b>пресная</b>
	6	2,9	с повышенной минерализацией
	1	0,5	солончатая

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Анализ категорий вод по степени минерализации в озёрах различного происхождения показал иные результаты. Озёра водно-эрозионного и эрозионно-термокарстового происхождения имеют опресненную воду. В тоже время для термокарстовых озёр характерна солончатая минерализация, превышающая 1000 мг/л) (таблица 4.2.1.8; рисунок 4.2.1.2).

**Таблица 4.2.1.8** – Минерализация вод изученных озёр по генезису их котловин (составлено автором)

Генезис	Количество озёр (n=205)	%	Категория вод
Водно-эрозионный (n=46)	3	1,5	ультрапресная
	<b>20</b>	<b>9,8</b>	<b>пресная</b>
	17	8,3	с повышенной минерализацией
	6	2,9	солончатая
Термокарстовый (n=85)	1	0,5	ультрапресная
	26	12,7	пресная
	<b>35</b>	<b>17,1</b>	<b>с повышенной минерализацией</b>
	22	10,7	солончатая
	1	0,5	солёная
Термокарстовый антропогенный (n=16)	<b>8</b>	<b>3,9</b>	<b>пресная</b>
	5	2,4	с повышенной минерализацией
	3	1,5	солончатая
Эрозионно-термокарстовый (n=47)	2	1,0	ультрапресная
	<b>20</b>	<b>9,8</b>	<b>пресная</b>
	18	8,8	с повышенной минерализацией
	6	2,9	солончатая
Эрозионно-термокарстовый антропогенный (n=8)	1	0,5	солёная
	<b>8</b>	<b>3,9</b>	<b>с повышенной минерализацией</b>
	<b>3</b>	<b>1,5</b>	<b>солончатая</b>

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Удивительно, но вода во всех трёх озёрах тукуланового типа оказалась солончатой: от 1270 до 1390 мг/л (Ушницкая и др., 2023). Хотя, по мнению

М.И. Ксенофоновой (2009), водоёмы этого типа в пределах Лено-Виллойского междуречья обычно отличаются наименьшей минерализацией.

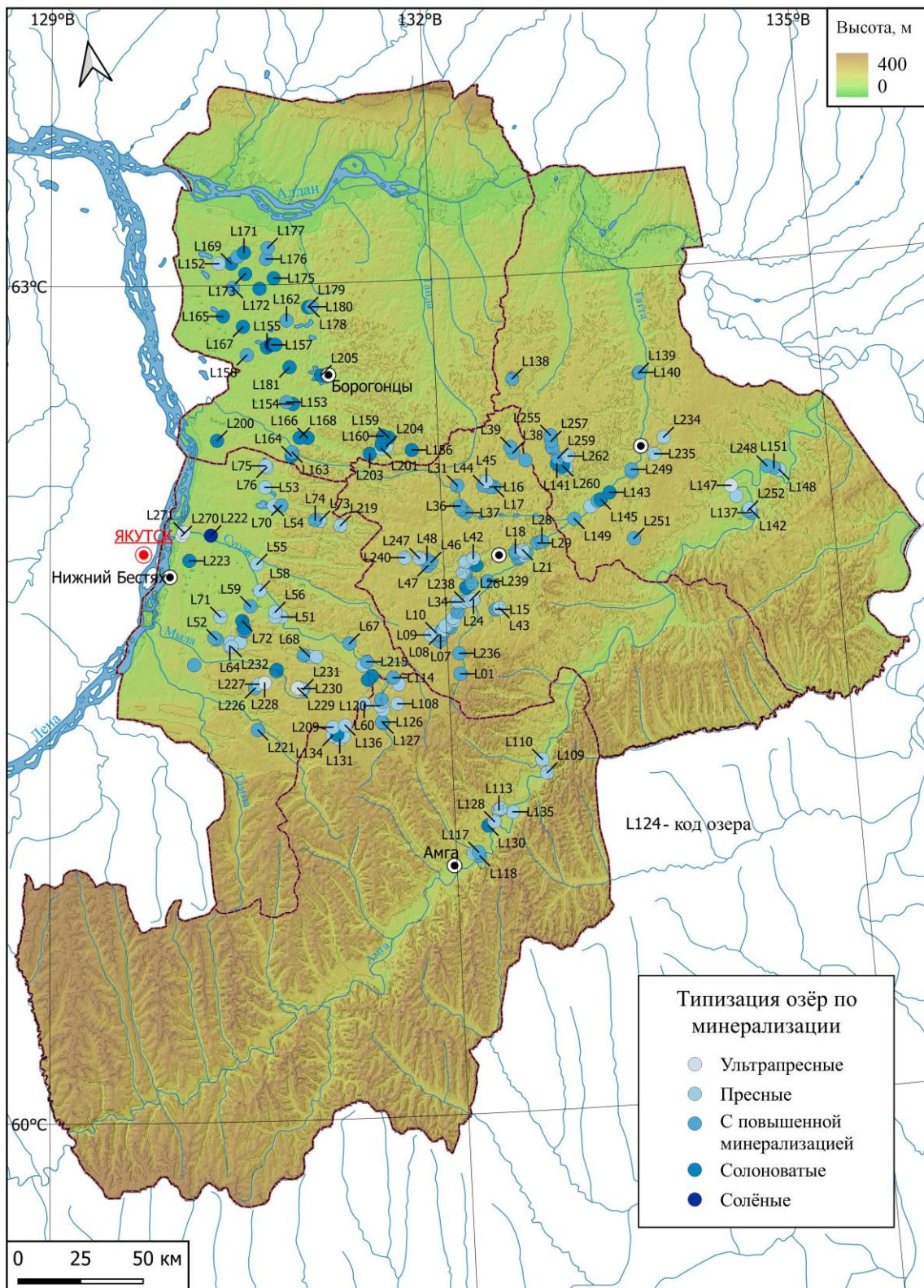


Рисунок 4.2.1.2 – Карта типизации озёр Лено-Амгинского междуречья по минерализации воды (составлено автором)

В таблице 4.2.1.9 представлены данные по улусам, согласно которым самые пресные озёра находятся на территории Амгинского и Мегино-Кангаласского улусов. В остальных трёх улусах озёра имеют повышенное содержание соли в воде.

**Таблица 4.2.1.9** – Минерализация вод изученных озёр по улусам Лено-Амгинского междуречья (составлено автором)

Район/улус	Количество озёр (n=205)	%	Категория вод
Амгинский (n=30)	1	0,5	ультрапресная
	<b>18</b>	<b>8,8</b>	<b>пресная</b>
	6	2,9	с повышенной минерализацией
	5	2,4	солончатая
Мегино-Кангаласский (n=49)	4	2,0	ультрапресная
	<b>23</b>	<b>11,2</b>	<b>пресная</b>
	16	7,8	с повышенной минерализацией
	5	2,4	солончатая
Таттинский (n=32)	1	0,5	солёная
	1	0,5	ультрапресная
	8	3,9	пресная
	<b>18</b>	<b>8,8</b>	<b>с повышенной минерализацией</b>
Усть-Алданский (n=36)	5	2,4	солончатая
	3	1,5	пресная
	9	4,4	с повышенной минерализацией
	<b>23</b>	<b>11,2</b>	<b>солончатая</b>
Чурапчинский (n=58)	1	0,5	солёная
	22	10,7	пресная
	<b>34</b>	<b>16,6</b>	<b>с повышенной минерализацией</b>
	2	1,0	солончатая

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Общая жесткость воды обуславливается содержанием в воде ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Для вод, используемых в хозяйственных и технических целях, жесткость имеет большое значение. Величина общей жесткости озёрных вод в БД варьирует в широких пределах: от 0,05 до 15,7 °Ж при среднем значении – 4,3 °Ж. Практически все изученные озёра имеют «мягкие» и «средней жесткости» воды (таблица 4.2.1.10).

**Таблица 4.2.1.10** – Градация жесткости воды в изученных озёра Лено-Амгинского междуречья (Гидрохимические..., 2000)

Жесткость воды, °Ж	Определение жесткости воды	Количество озёр (n=205)	%
Менее 4,0	Очень мягкая	-	
0-4,0	Мягкая	<b>118</b>	<b>57,6</b>
4,0-8,0	Средней жесткости	67	32,7
8,0-12,0	Жесткая	11	5,4
Свыше 12,0	Очень жесткая	9	4,4

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

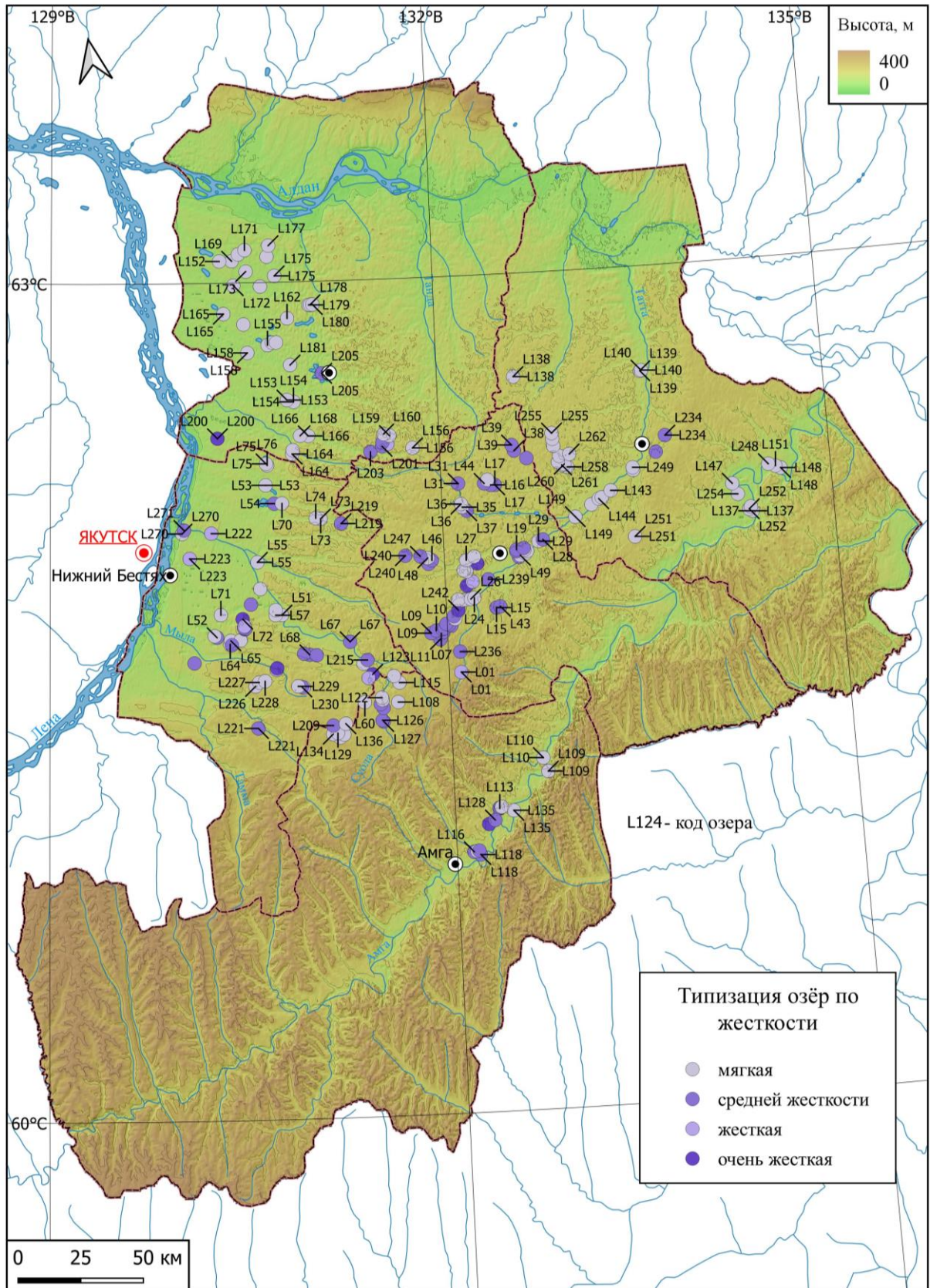
Аналогичная ситуация сложилась и по территориальному распределению озёр (таблица 4.2.1.11). Везде преобладают озёра с «мягкой» водой. Особняком выделяются озёра Абалахской террасы, имеющие более жёсткие воды (20,5%).

**Таблица 4.2.1.11** – Показатель жесткости воды озёр по террасам р. Лены в пределах Лено-Амгинского междуречья

Террасы	Кол-во озер (n=205)	%	Определение жесткости
	22	10,7	мягкая вода
<b>Абалахская (n=64)</b>	<b>30</b>	<b>14,6</b>	<b>средней жесткости</b>
	6	2,9	жесткая вода
	6	2,9	очень жесткая
	<b>8</b>	<b>3,9</b>	<b>мягкая вода</b>
<b>Бестяхская (n=12)</b>	1	0,5	средней жесткости
	2	1,0	жесткая вода
	1	0,5	очень жесткая
<b>Низкая надпойменная (n=1)</b>	<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>мягкая вода</b>
	<b>26</b>	<b>12,7</b>	<b>мягкая вода</b>
<b>Маганская (n=45)</b>	18	8,8	средней жесткости
	1	0,5	жесткая вода
	<b>51</b>	<b>24,9</b>	<b>мягкая вода</b>
<b>Тюнгюлюнская (n=63)</b>	10	4,9	средней жесткости
	2	1	очень жесткая
	<b>10</b>	<b>4,9</b>	<b>мягкая вода</b>
<b>Эмильская (n=20)</b>	8	3,9	средней жесткости
	2	1,0	жесткая вода

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Озёра различного происхождения не демонстрируют существенных различий в жёсткости воды на разных террасах. В водно-эрозионных, термокарстовых, эрозионно-термокарстовых, тукулановых и эрозионно-термокарстово-антропогенных водоёмах преобладают «мягкие» воды с общей жёсткостью ниже 4°Ж (рисунок 4.2.1.3; таблица 4.2.1.12).



**Рисунок 4.2.1.3** – Карта типизации озёр Лено-Амгинского междуречья по общей жесткости воды (составлено автором)

**Таблица 4.2.1.12** – Показатель жесткости воды по генезису озёрных котловин Лено-Амгинского междуречья (составлено автором)

Генезис	Количество озёр (n=205)	%	Определение жесткости
<b>Водно-эрозионный (n=46)</b>	<b>33</b>	<b>16,1</b>	<b>мягкая вода</b>
	13	6,3	средней жесткости
<b>Термокарстовый (n=85)</b>	<b>37</b>	<b>18,0</b>	<b>мягкая вода</b>
	32	15,6	средней жесткости
	8	3,9	жесткая вода
	8	3,9	очень жесткая
<b>Термокарстовый антропогенный (n=16)</b>	6	2,9	мягкая вода
	<b>8</b>	<b>3,9</b>	<b>средней жесткости</b>
	1	0,5	жесткая вода
<b>Эрозионно-термокарстовый (n=47)</b>	1	0,5	очень жесткая
	<b>35</b>	<b>17,1</b>	<b>мягкая вода</b>
	11	5,4	средней жесткости
<b>Эрозионно-термокарстовый антропогенный (n=8)</b>	1	0,5	жесткая вода
	<b>4</b>	<b>2,0</b>	<b>мягкая вода</b>
	3	1,5	средней жесткости
<b>Тукулановый (n=3)</b>	1	0,5	жесткая вода
	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>мягкая вода</b>

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

При анализе жёсткости озёрных вод по улусам наблюдается похожая тенденция. Во всех улусах большинство озёр имеют мягкую воду. Исключение составляют водоёмы Чурапчинского улуса, где общая жёсткость озёрных вод выше – от 4°Ж и более (таблица 4.2.1.13).

**Таблица 4.2.1.13** – Показатель жесткости воды по отдельным улусам Лено-Амгинского междуречья (составлено автором)

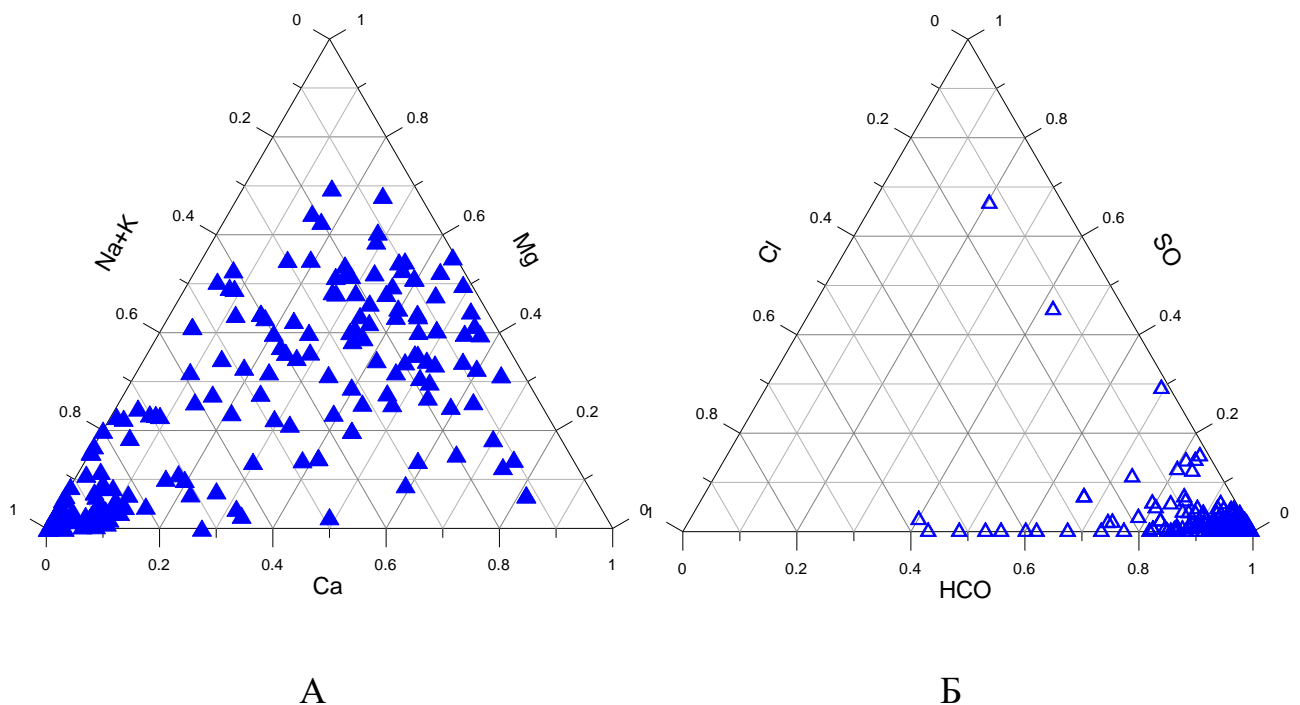
Район/улус	Количество озёр (n=205)	%	Определение жесткости
Амгинский (n=30)	<b>15</b>	<b>7,3</b>	<b>мягкая</b>
	11	5,4	средней жесткости
	1	0,5	жесткая вода
	3	1,5	очень жесткая
Мегино-Кангаласский (n=49)	<b>23</b>	<b>11</b>	<b>мягкая</b>
	18	8,8	средней жесткости
	6	2,9	жесткая вода
Таттинский (n=32)	2	1,0	очень жесткая
	<b>30</b>	<b>15,0</b>	<b>мягкая</b>
	2	1,0	средней жесткости
Усть-Алданский (n=36)	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>мягкая</b>
	4	2,0	средней жесткости
	1	0,5	жесткая вода
	1	0,5	очень жесткая
Чурапчинский (n=58)	20	9,8	мягкая
	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>средней жесткости</b>
	3	1,5	жесткая вода
	3	1,5	очень жесткая

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Согласно классификации О.А. Алекина (1970), по содержанию основных анионов в воде исследуемые озёра можно разделить на три класса. Подавляющее большинство (98%) озёр, исследованных в Лено-Амгинском междуречье, относится к гидрокарбонатному классу, в котором сочетаются различные группы катионов.

В основном озёра имеют гидрокарбонатный натриевый состав воды. Сульфатные (озеро L260) и хлоридные (озёра L146, 205, 237) классы вод составляют лишь 2% от общего числа изученных водоёмов.

На рисунке 4.2.1.4 представлен катионный и анионный состав вод озёр Лено-Амгинского междуречья.



**Рисунок 4.2.1.4** – Катионный (А) и анионный (Б) составы изученных озёрных вод (n = 205) (составлено автором)

Следует отметить, что в распределении катионов (А) наблюдаются значительные различия. В 45% случаев воды исследуемых объектов имеют натриевую основу, в 14% – магниевую-кальциевую (с преобладанием доли катиона, указанного в конце), в 11% – кальциевую-магниевую, в 7,3% –



натриево-магниевую и в 4% – кальциево-натриевую. Остальные группы сочетаний катионов гидрокарбонатного класса имеют незначительные доли.

Как ожидалось, при анализе состава воды по террасам преобладающими оказались гидрокарбонатно-натриевые воды. Исключение составляют озёра Эмильской террасы, где преобладают воды с гидрокарбонатно-магниевым составом (таблица 4.2.1.14).

Распределение ионного состава воды в зависимости от генезиса озёрных котловин не претерпело существенных изменений по сравнению с геоморфологическим подходом. Во всех типах озёр преобладают гидрокарбонатно-натриевые группы вод.

Если рассматривать ионный состав вод изученных озёр в разрезе улусов, то картина несколько меняется. В северо-восточной части Лено-Амгинского междуречья, включая Усть-Алданский, Чурапчинский и Таттинский улусы, преобладают гидрокарбонатные натриевые воды. В озёрах Амгинского улуса преобладают гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды, а в водных объектах Мегино-Кангаласского улуса – гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды.

Биологическая продуктивность водоёмов во многом определяется содержанием в них биогенных веществ, таких как фосфор, железо, оксид азота, аммоний, кремний и другие. Эти вещества необходимы для жизнедеятельности бактерий, фитопланктона и других водных организмов. В свою очередь, водные организмы также играют определенную роль в формировании режима биогенных соединений. Биохимические процессы разложения отмерших водных организмов способствуют накоплению биогенных элементов в воде.

**Таблица 4.2.1.14** – Сводные данные состава озёрных вод согласно классификации О.А. Алекина, рассмотренные по принципу «терраса – генезис - улус» (составлено автором)

Классы	Гидрокарбонатная															Сульфатная	Хлоридная				
	натриевая	кальциевая	магниевая	магниево-кальциевая	кальциево-магниевая	магниево-натриевая	натриево-магниевая	натриево-кальциевая	кальциево-натриевая	кальциево-натриево-магниевая	магниево-кальциево-натриевая	магниево-натриево-кальциевая	кальциево-натриево-магниевая	натриево-кальциево-магниевая	натриевая		натриевая	кальциево-натриевая	натриево-магниевая		
Кол-во озёр	<b>92</b>	6	4	28	22	11	14	9	5	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
%	<b>44,9</b>	2,9	2,0	13,7	10,7	5,4	6,8	4,4	2,4	1,5	1,5	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
<b>По террасам среднего течения р. Лена</b>																					
Абалахская (n=64)	<b>20</b>	2	2	9	8	7	6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Бестяхская (n=12)	<b>9</b>	2																		1	
Низкая надпойменная (n=1)	<b>1</b>																				
Маганская (n=45)	<b>27</b>			8	2	1	1	2	2										1		
Тюнгюлюнская (n=63)	<b>32</b>	2	1	4	8	2	4	3	2	1	2	1								1	
Эмильская (n=20)	<b>3</b>		1	<b>7</b>	4	1	3			1											
<b>По генезису озёрных котловин</b>																					
Эрозионно-термокарстовые (n=47)	<b>21</b>			9	5		4	1	2	2	1								1		
Эрозионно-термокарстово-антропогенные (n=8)	<b>5</b>		1				1												1		
Водно-эрозионные (n=46)	<b>21</b>	6		4	3	1	1	5	2	1		1							1		
Термокарстовые (n=85)	<b>34</b>		3	14	8	10	7	3	1		2	1	1							1	
Термокарстово-антропогенные (n=16)	<b>8</b>			1	6		1														
Тукулановые (n=3)	<b>3</b>																				
<b>По улусам</b>																					
Амгинский (n=30)	<b>6</b>	4		4	<b>10</b>	1	1		2					1	1						
Мегино-Кангаласский (n=49)	<b>4</b>	2	1	<b>12</b>	9	3	9	3	1	2	2	1									
Таттинский (n=32)	<b>22</b>			1			1	4	1									1			
Усть-Алданский (n=36)	<b>31</b>			3		1														1	
Чурапчинский (n=58)	<b>29</b>		3	8	3	6	3	2	1	1	1	1									

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Фосфор является одним из ключевых биогенных элементов, определяющих продуктивность водоёма. Он активно участвует в энергетических процессах клеточного обмена. В водоёмы соединения фосфора поступают в результате жизнедеятельности водных организмов, их отмирания, а также с поверхностным стоком. Фосфор быстро переходит из органической в минеральную, образуя фосфаты. В исследованных озёрах концентрация фосфатов ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) может варьироваться от 0,0 до 2,0 мг/л.

Основным источником соединений железа в поверхностных водах служат процессы химического выветривания горных пород, которые сопровождаются их механическим разрушением и растворением. Также значительное количество железа попадает в водоёмы с подземными водами и со сточными водами, включая сельскохозяйственные стоки. Будучи биологически активным элементом, железо в некоторой степени влияет на интенсивность развития фитопланктона и качественный состав микрофлоры в водоёме. Концентрация железа в озёрах находится в пределах от 0,0 до 6,0 мг/л, при среднем значении 0,4 мг/л. Интересно, что в половине (50%) исследованных озёр в воде не были обнаружены ионы железа.

Кремний – это неотъемлемый элемент химического состава природных вод. В отличие от многих других веществ, соединения кремния распространены повсеместно в горных породах, и малое содержание кремния в воде объясняется низкой растворимостью этих соединений. Основным источником кремния в природных водах служат процессы химического выветривания и растворения кремнийсодержащих минералов. В исследованных озёрах концентрация ионов кремния варьировалась от 0,0 до 26,4 мг/л.

Азот и фосфор – это незаменимые элементы, которые входят в состав каждого организма. В природных водах их роль подобна той, которую играют азотные и фосфорные удобрения в сельском хозяйстве. Без этих элементов водные растения и, соответственно, и животные не могли бы существовать. Летом происходит активное поглощение азотных соединений,

которые выделяются при разложении органических остатков. Азот в форме  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$  используется для построения тканей растений и животных. В летний период азотные соединения в воде почти полностью исчезают.

В исследованных озёрах содержание аммонийного азота варьирует от 0,0–15,0 мг/л, азот нитрогруппы – от 0,0 до 0,3 мг/л. Это свидетельствует о том, что в этих водоёмах происходит незначительное накопление азотных соединений, что может указывать на загрязнение органическими остатками.

Из-за мелководности озёр и незначительной разницы температур, а также благодаря интенсивному перемещению водных масс, не происходит заметного перераспределения биогенных элементов по глубине. Это означает, что активные биологические процессы протекают во всей толще озёрных вод (Пестрякова, 2008; Ксенофонтова, Ушницкая, 2008).

#### **4.2.2 Оценка качества озёрных вод по физико-химическим параметрам**

Источник, предназначенный для питьевых целей, должен быть достаточно обильным, чтобы обеспечить все потребности населения и сельскохозяйственного производства. Качество воды из нецентрализованных источников водоснабжения регулируется санитарными правилами и нормами СанПиН 1.2.3685-21. Важно, чтобы содержание химических веществ в воде не превышало предельно допустимых концентраций (ПДК).

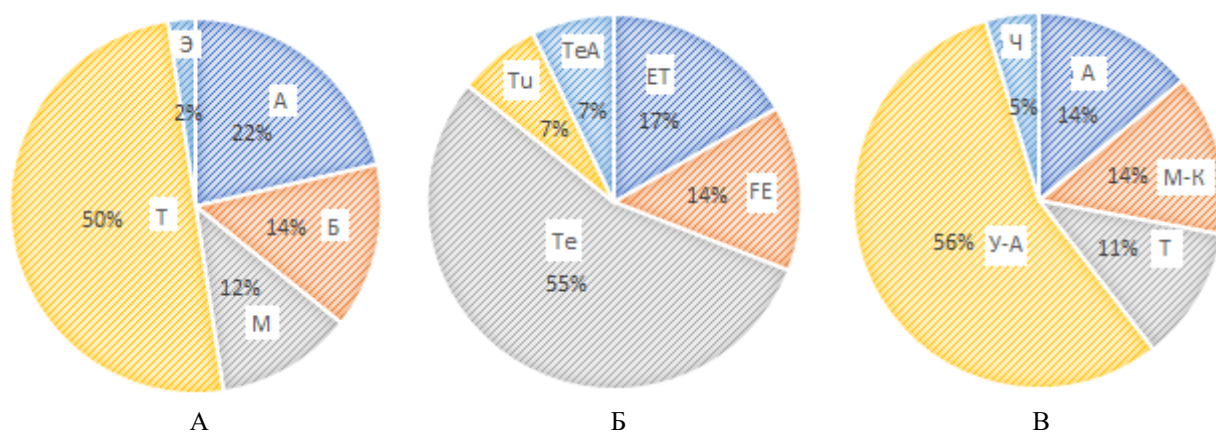
Исследование физико-химических характеристик озёр показало, что некоторые из них превышают предельно допустимые концентрации (ПДК<sub>в</sub>), установленные для водоёмов, используемых для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых нужд.

В частности, в 20,5% озёр зафиксировано превышение уровня общей минерализации воды от 1,0 до 5,03 раз. Наиболее значительное превышение параметра ПДК (норма 1000 мг/л) выявлено для озера Чонтохой (L222) в Мегино-Кангаласском улусе, где уровень минерализации составил 5033,3 мг/л. В озере Тымпы-Баса (L161) в Усть-Алданском улусе превышение

достигает 3 раз ПДК, а в пяти других озёрах (L200, 211, 214, 223, 260) – до 2 раз ПДК.

Из 42 озёр с повышенной минерализацией половина находится на территории Тюнгилюнской террасы. По своему происхождению озёрных котловин можно разделить на две группы: больше половины из них являются термокарстовыми, а большинство расположено в Усть-Алданском улусе (рисунок 4.2.2.1).

Как уже упоминалось ранее (подраздел 4.2.1, стр. 138), общая жёсткость воды в исследованных озёрах варьируется от 0,054 до 15,7 °Ж. Превышение норматива ПДК для питьевой воды в 7 °Ж зафиксировано в 15% озёр. На рисунке 4.2.2.2 представлены превышения норматива по общей жёсткости, классифицированные по принципу «террасы-генезис-улусы». Большинство таких случаев наблюдается в озёрах термокарстового типа, расположенных на Абалахской террасе, которые относятся к Мегино-Кангаласскому улусу.

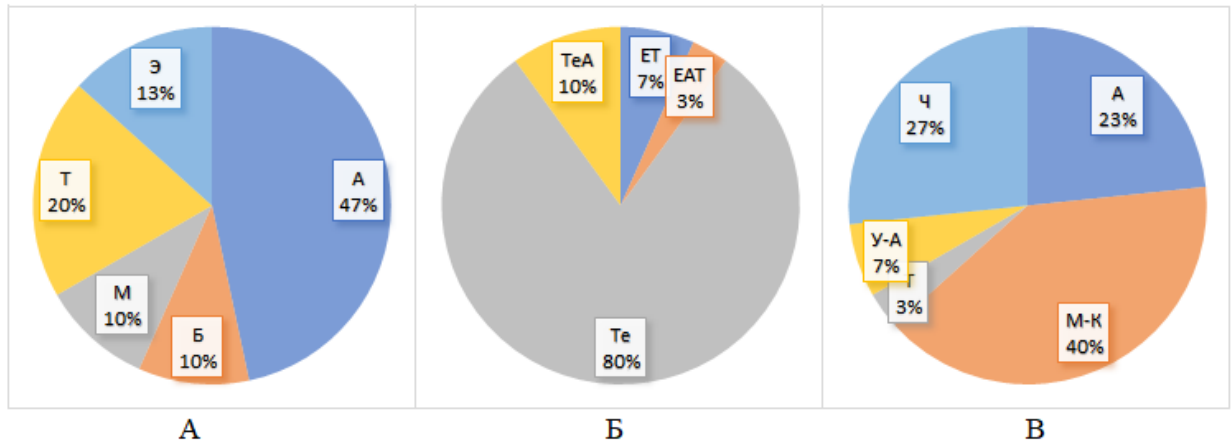


**Рисунок 4.2.2.1** – Озёра с минерализацией воды выше норматива, сгруппированные по принципу «террасы-генезис-улусы» (составлено автором)

Примечание. А) по геоморфологическому районированию (по террасам р. Лена): А – Абалахская, Б – Бестяхская, М – Маганская, Т – Тюнгилюнская, Э – Эмильская; Б) по генезису озёрных котловин: Те – термокарстовые, ТеА – термокарстово-антропогенные, ЕТ – эрозионно-термокарстовые, FE – водно-эрозионные, Tu – тукулановые; В) по улусам: А – Амгинский, М-К – Мегино-Кангаласский, Т – Таттинский, У-А – Усть-Алданский, Ч – Чурапчинский

Санитарно-гигиенические нормы, регулирующие качество воды в различных водоёмах, таких как питьевые, рыбохозяйственные и

рекреационные зоны, устанавливают предельно допустимый уровень рН в пределах от 6,0 до 9,0 (СанПиН 1.2.3685-21). Отклонения от этих значений могут стать причиной роста нежелательных микроорганизмов, таких как серобактерии, или даже полного нарушения процесса биологической очистки воды.



**Рисунок 4.2.2.2** – Озёра, уровень общей жёсткости превышает допустимый норматив, классифицируются по принципу «террасы-генезис-улусы» (составлено автором)

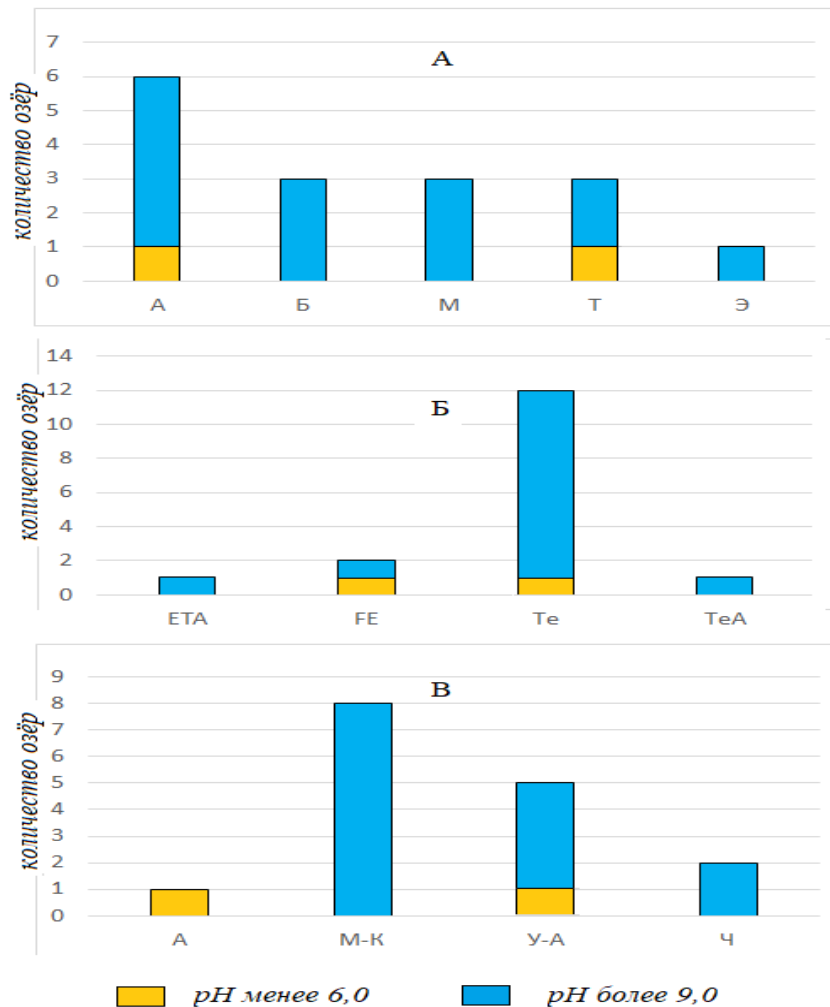
Примечание. **А)** по геоморфологическому районированию (по террасам р. Лена): А – Абалахская, Б – Бестяхская, М – Маганская, Т – Тюнгилюнская, Э – Эмильская; **Б)** по генезису озёрных котловин: ЕТ – эрозионно-термокарстовые, ЕАТ – эрозионно-термокарстовые антропогенные, Те – термокарстовые, ТеА – термокарстово-антропогенные; **В)** по улусам: А – Амгинский, М-К – Мегино-Кангаласский, Т – Таттинский, У-А – Усть-Алданский, Ч – Чурапчинский

В авторской базе данных выявлено 16 озёр (7,8%) от общего числа исследованных водоёмов, где уровень рН превышает норму ПДК. Эти озёра расположены в Мегино-Кангаласском улусе и относятся к Абалахской террасе, обладая термокарстовым и водно-эрозионным генезисами (рисунок 4.2.2.3).

В соответствии с санитарно-эпидемиологическими нормами СанПиН 1.2.3685-21, в составе воды эрозионно-термокарстового безымянного озера L260 в Таттинском улусе было зафиксировано незначительное превышение концентрации сульфатов – до 1,7 мг/л.

Уровень хлоридов в БД исследованных озёрах варьирует от 0,3 до 443 мг/л, а среднее значение составляет 42,6 мг/л. В шести озёрах было обнаружено небольшое отклонение от ПДК:

– в водно-эрозионном озере L146 Таттинского улуса превышение составляет 1,5 ПДК;



**Рисунок 4.2.2.3** – Озёра, в воде которых уровень рН превышает допустимый норматив, классифицируются по принципу «террасы-генезис-улусы» (составлено автором)

Примечание. А) по геоморфологическому районированию (по террасам р. Лена): А – Абалахская, Б – Бестяхская, М – Маганская, Т – Тюнгилюнская, Э – Эмильская; Б) по генезису озёрных котловин: ETA – эрозионно-термокарстовые антропогенные, FE – водно-эрозионные, Те – термокарстовые, ТеА – термокарстово-антропогенные; В) по улусам: А – Амгинский, М-К – Мегино-Кангаласский, У-А – Усть-Алданский, Ч – Чурапчинский

– в озёрах L222 и L223 Мегино-Кангаласского улуса, которые имеют термокарстовое происхождение, превышение достигает 1,4 и 1,2 ПДК соответственно;

– в трёх озёрах Таттинского улуса (L140,143,150) превышение норматива составляет 1,1 ПДК.

Удивительно, но почти все озёра, где содержание хлоридов превышает норму, за исключением эрозионно-термокарстового озера L140, расположенного на Маганской террасе, находятся на Бестяхской террасе.

В большинстве озёр, расположенных в пределах Лено-Амгинского междуречья, обитают такие виды рыб, как якутский карась (лат. *Carassius carassius jacuticus*), известный также как якутский «собо», и озёрный голянь, или «мунду» (лат. *Rhynchocypris perspurus*). Оба эти вида относятся к семейству карповых (Cyprinidae) и являются представителями лучепёрых рыб.

Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воде водоёма, предназначенного для рыбохозяйственных целей (ПДК<sub>вр</sub>), представляет собой такой уровень концентрации, который не должен оказывать негативного воздействия на популяции рыб, особенно промысловых.

Введение ПДК<sub>вр</sub> можно рассматривать как шаг вперёд в деле экологического нормирования состояния водной среды. Это подразумевает учёт не только интересов человека, но и ограничение воздействия на жизнь водных обитателей, или гидробионтов. Условия, которые благоприятны для чувствительных промысловых рыб, как правило, являются благоприятными и для всего биоценоза.

В ходе анализа 205 озёр на содержание железа в 103 из них были обнаружены следы этого металла в воде. Предельно допустимая концентрация железа в рыбохозяйственных водоёмах составляет 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, а токсикологический показатель вредности является лимитирующим.

Согласно данным из базы, в 28% водных объектов содержание общего железа значительно превышает ПДК<sub>вр</sub> – от 10 до 60 раз. Интересно, что среди озёр, где содержание общего железа значительно выше нормы, почти в равной степени встречаются водно-эрозионные (5 озёр), эрозионно-термокарстовые (4 озера) и термокарстовые (4 озера). Почти все эти озёра



расположены в Чурапчинском улусе. Для других объектов превышение ПДК<sub>вр</sub> составляет от 10 до 18 раз.

В водоёмах наблюдается значительное превышение концентрации аммонийного азота – от 1,0 до 30 раз. Особенно высокие показатели – от 5,4 до 30 раз выше предельно допустимой концентрации (ПДК<sub>вр</sub>) – характерны для термокарстовых (3 озера), термокарстово-антропогенных (2) и одного водно-эрозионного озера. Как отмечалось выше, естественным источником азота аммонийного (NH<sup>+</sup><sub>4</sub>) служат прижизненные выделения гидробионтов. Также повышенное его содержание связывают с минерализацией органических веществ в условиях отсутствия потребления их фитопланктоном.

Содержание натрия в исследованных озёрах варьирует от 0,5 до 1191,4 мг/л, со средним значением 117 мг/л. Этот показатель значительно превышает ПДК<sub>вр</sub>, превышающую норму от 1,0 до 9,1 раза. Особенно высокие превышения ПДК<sub>вр</sub> были зафиксированы в следующих озёрах: озеро Чонтохой – 9,1 ПДК<sub>вр</sub>; озеро Тымпы-Баса – 7,6 ПДК<sub>вр</sub>; озеро Лама – 5,7 ПДК<sub>вр</sub>; озеро Уорга – 5,2 ПДК<sub>вр</sub>; озеро Маралайы – 4,9 ПДК<sub>вр</sub>; озеро Бэттиэмэ – 4,5 ПДК<sub>вр</sub>.

Магний поступает в природные воды преимущественно в результате химического выветривания и распространения доломитов, мергелей и других минералов. Кроме того, значительное количество магния может попадать в водоёмы со сточными водами промышленных и других предприятий (Руководство..., 1977; Вредные..., 1988). В исследованных озёрах содержание ионов магния колебалось от 0,0 до 179,8 мг/л, со средним значением 30,6 мг/л. В 26% водоёмов вода не соответствовала требованиям ПДК<sub>вр</sub>. Превышение колебалось от 1,0 до 4,5 раза.

В 205 озёрах уровень калия в воде оказался незначительно выше нормы всего в пяти из них, а превышение составило – от 1,0 до 1,9 раза.

Кальций может поступать в природные воды как из естественных, так и из антропогенных источников. Особенно много его поступает в водоёмы со

сточными водами промышленных предприятий, таких как химические, металлургические и другие. Также кальций вымывается с сельскохозяйственных угодий, где применялись минеральные удобрения. ПДК<sub>вр</sub> кальция в воде составляет 180 мг/дм<sup>3</sup>. В базе данных исследованных озёр уровень кальция варьируется от 0,0 до 208,4 мг/л, а среднее значение составляет 24,0 мг/л. Незначительное превышение норм ПДК<sub>вр</sub> зафиксировано только в озере X (L214) – до 1,2. Это озеро имеет термокарстовое происхождение и находится в стадии «тыымпы».

Таким образом, можно сделать вывод, что воды некоторых озёр Лено-Амгинского междуречья не соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям. Основные результаты исследования приведены ниже:

- в 28% водных объектов содержание железа не соответствует установленным нормам, при этом его концентрация может превышать допустимые значения в 10 – 60 раз;
- концентрация азота аммонийного в озёрах варьировалась от 1,0 до 30 ПДК<sub>вр</sub> от нормы;
- концентрация натрия превышает норму ПДК<sub>вр</sub> в пределах от 1,0 до 9,1 раза;
- в 20,5% исследованных озёр уровень общей минерализации превышает 5 ПДК<sub>в</sub>;
- концентрация магния в озёрах варьировалась от 1,0 до 4,5 от нормы;
- в 7,5% озёр наблюдаются отклонения от нормы рН, преимущественно в стороны щелочной среды;
- концентрация калия в озёрах варьировалась от 1,0 до 1,9 от нормы;
- в 3% озёр уровень хлоридов составляет от 1,1 до 1,5 ПДК<sub>в</sub>;
- в озере L260 уровень сульфатов достигает 1,4 ПДК<sub>в</sub>;
- в озере уровень кальция достигает 1,2 ПДК<sub>вр</sub>.

### **4.3 Типизация озёр по сочетанию морфометрических и физико-химических параметров**

Кластерный анализ – это набор методов, которые используются для группировки событий и/или объектов в относительно однородные группы, так называемые кластеры. Кластерный анализ часто применяется для разделения исходных данных на группы таким образом, чтобы внутри одного кластера были максимально похожие друг на друга объекты. При этом элементы из разных групп должны значительно отличаться.

Для выявления общих черт между озёрными экосистемами и формирования групп объектов со схожими значениями морфометрических и физико-химических характеристик, автор провёл иерархический кластерный анализ (Приложение 11-12). В таблице 4.3.1 приведены число изученных озёр Лено-Амгинского междуречья по террасам реки Лена и генетическим типам в тех или иных кластерах и в субкластерах.

В качестве меры близости между объектами применено евклидово расстояние, которое является наиболее распространенным для работы с количественными переменными (Городничев и др., 2019). Следующим шагом в кластеризации был процесс выбора метода кластеризации, который представляет собой алгоритм, согласно которому происходит объединения в кластеры. Из множества существующих методов был выбран метод Варда как наиболее подходящий и широко используемый для проведения аналогичных работ на территории региона исследований (Левина, 2023; Давыдова, 2023).

На рисунке 4.3.1 приведена графическая визуализация объединения кластеров в виде древовидной дендрограммы. В результате исследования 205 озёр было построено иерархическое дерево, которое представляет собой схему последовательного объединения объектов исследования в группы.

**Таблица 4.3.1** – Количество изученных озёр Лено-Амгинского междуречья по террасам и происхождению котловин по определенным кластерам (I - VIII) (составлено автором)

КЛАСТЕРЫ	Субкластеры	По террасам реки Лена						По происхождению озёрных котловин					
		Абалахская	Бестяхская	Маганская	Тюнгюлонская	Эмильская	Низкая терраса	Эрозионно-термокарстовые	Эрозионно-термокарстовые антропогенные	Водно-эрозионные	Термокарстовые	Термокарстово-антропогенные	Тукулановые
<b>I</b>		-	-	-	2	-	-	-	-	1	1	-	-
<b>II</b>	IIa	4	-	5	3	2	-	6	-	3	6	-	-
	IIb	9	-	6	3	<b>4</b>	-	4	1	2	13	1	-
	IIc	5	-	-	2	<b>4</b>	-	2	1	3	4	2	-
<b>III</b>	IIIa	2	-	2	2	2	-	2	-	1	4	1	-
	IIIb	9	2	1	8	3	-	<b>7</b>	-	10	7	1	-
	IIIc	4	-	2	-	3	-	2	-	2	4	1	-
<b>IV</b>		1	-	1	9	-	-	3	-	-	6	2	-
<b>V</b>		-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-
<b>VI</b>		-	<b>3</b>	2	1	-	-	2	1	3	-	-	-
<b>VII</b>	VIIa	1	2	6	<b>18</b>	1	-	5	1	2	<b>16</b>	-	<b>3</b>
	VIIb	9	-	5	6	1	1	8	<b>3</b>	5	5	1	-
	VIIc	5	2	<b>14</b>	6	-	-	3	1	<b>15</b>	7	1	-
<b>VIII</b>		<b>15</b>	<b>3</b>	1	2	-	-	2	-	-	14	<b>3</b>	-
Всего:		<b>64</b>	<b>12</b>	<b>45</b>	<b>63</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>8</b>	<b>47</b>	<b>88</b>	<b>13</b>	<b>3</b>

Примечание. Серым цветом и жирным шрифтом отмечены максимальные значения по выборке

Для выполнения кластерного анализа автор использовал 23 переменных, которые можно разделить на две группы:

1) Морфометрические переменные озёр:

- площадь водного зеркала;
- длина;
- максимальная и средняя ширина;
- максимальная и средняя глубина;
- длина береговой линии;
- показатель удлинённости;
- развитие береговой линии и ее степень изрезанности;
- коэффициент глубинности и емкости;
- форма котловин.

2) Физико-химические переменные воды озёр:

- прозрачность;

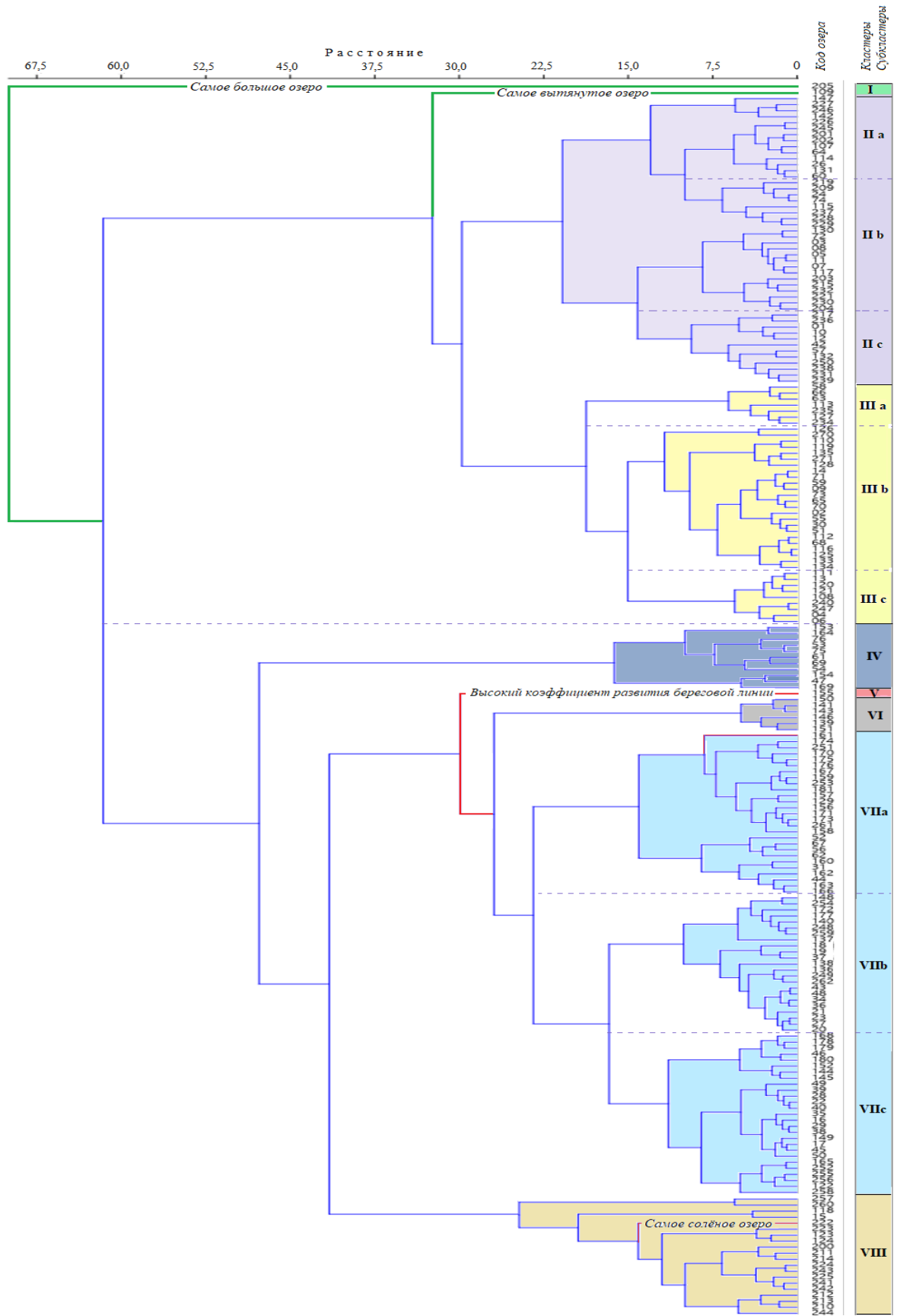


Рисунок 4.3.1 – Дендрограмма, иллюстрирующая разделение исследованных озёр (n=205) на кластеры с использованием метода Варда (составлена автором)

- общая жесткость;
- рН;
- минерализация воды;
- процентное содержание основных катионов (кальций, магний, сумма натрия и калия);
- процентное содержание анионов (гидрокарбонаты, хлориды, сульфаты).

Параметры, используемые в процедурах кластеризации, были подвергнуты предварительной z-стандартизации.

Оно состоит из двух крупных кластеров, соединённых множеством связей различного уровня. Эти связи отражают степень сходства озёр с соседними. Степень близости между деревьями доходит до ~70. Однако для большинства объектов это расстояние не превышает 15.

На иерархическом дереве, как видно из рисунка 4.3.1, справа налево располагаются две большие группы кластеров, в каждой из которых есть свои субкластеры, отличающиеся по уровню и расстоянию, кроме кластера I, представленного самым крупным водным объектом выборки, озером Мюрю (L205), расстояние «сходства» которого с остальными объектами достигает своего максимума (~70). Это озеро имеет термокарстовое происхождение и расположено на реликтовом аласе Мюрю, который находится в Усть-Алданском улусе. По площади водного зеркала (34 км<sup>2</sup>) его можно условно назвать самым большим в выборке автора. Кроме того, оно отличается сильной изрезанностью береговой линии (1130,4), щелочной средой с рН 9 и преобладанием хлоридов (57,42%) и суммы натрия и калия (56,89%) в катионно-анионном составе вод. Внутри остальных кластеров можно выделить и другие озёра, выделяющиеся из общей массы значениями своих характеристик. Например, (в кластере II) озеро Усун-Кюель (L109), расположенное в Амгинском улусе (Ушницкая и др., 2021). Этот водоём водно-эрозионного происхождения, отличается самым высоким значением

коэффициента удлиненности (81). Название озера Усун в переводе с якутского языка означает «длинный» или «длинное озеро».

**Кластер (II)** включает 48 озёр, что составляет 23,4% от общего числа. Эти озёра, в свою очередь, делятся на три субкластера: II а, II б и II с. Каждый из них отличается от других по уровню сходства и различия.

Субкластер II а объединяет 14 озёр, которые вошли характеризуются схожим уровнем рН. Эти озёра обладают слабощелочными и щелочными водами.

Субкластер II б объединяет 22 объекта, которые характеризуются нейтральной кислотностью (рН) и гидрокарбонатно-магниевым составом вод.

Субкластер II с включает в себя 12 озёр. Их объединяет сложный набор характеристик: значения рН от нейтральных до сильнощелочных; уровень минерализации от низкой до высокой; преобладает гидрокарбонатно-натриево-магниевый состав.

В третий кластер (III) включены 40 озера (24,9%). Эти озёра объединены в четыре субкластера (IIIа, IIIб, IIIс), где расстояние «близости» колеблется от 1,5 до ~20.

По сравнению с предыдущим кластером (II), в этой группе озёр глубины увеличиваются: от 1,2 до 19 м, а среднее значение составляет 3,9 м.

В первом субкластере (IIIа) находятся преимущественно небольшие термокарстовые озёра глубиной 2-3 м и прозрачностью до 1,9 м. Вода в этих озёрах имеет нейтральную среду с преобладанием гидрокарбонатно-кальциевых соединений.

Второй субкластер (IIIб) объединяет 24 озера, среди которых преобладают водно-эрозионные (42%), термокарстовые (33%) и эрозионно-термокарстовые (24%) водоёмы. Они имеют вытянутую, овальную или овально-удлиненную форму и отличаются небольшой шириной. Максимальная глубина озёр варьируется от 1,6 до 9,3 м. Вода в этих озёрах

нейтральная, мягкая, с преобладанием гидрокарбонатно-кальциевых соединений.

Третий субкластер (IIIc) включает всего 9 озёр, большинство из которых – небольшие термокарстовые водоёмы (56%). Вода в этих озёрах имеет нейтральный или слабощелочной pH, она пресная и мягкая, с преобладанием гидрокарбонатно-магниевых-кальциевого состава

В кластере IV сосредоточено 7 крупных термокарстовых и 5 эрозионно-термокарстовых озёр. Глубина этих озёр колеблется от 1,4 м до 19 м, а средняя 8,2 м. В пределах этого кластера можно выделить три субкластера: IVa, IVb, IVc.

Субкластер IVa включает два довольно крупных и глубоких озёра: Талах-Ары (L153) и Бейдинге (L164). Их глубина составляет от 5,5 до 8,1 м. Эти озёра отличаются вытянутой формой и щелочным pH. Вода в них солоноватая, с высоким содержанием гидрокарбонатов и натрия.

Субкластер IVb объединяет термокарстовые и эрозионно-термокарстовые озёра среднего размера, расположенные на Тюнгилюнской террасе Мегино-Кангаласского улуса. Глубина этих озёр варьируется от 3 до 9 м, а средняя глубина составляет 5,5 м. Озёра пресные, с нейтральной кислотностью, содержат гидрокарбонатные воды с преобладанием магния.

Группа из трех озёр, завершающая кластер IV, относится к субкластеру IVc. Эти озёра являются термокарстовыми, с глубиной от 13 до 19 м. Они отличаются низкой прозрачностью, слабокислой или нейтральной реакцией среды, а также повышенной и солоноватой минерализацией, с преобладанием натриево-гидрокарбонатных вод.

Озеро Огус-Харага (L155) занимает особое место между предыдущим (IV) и последующим (VI) кластерами, образуя V кластер. Его отличает от остальных озёр необычайно **высокое значение коэффициента развития береговой линии, достигающее 1350**. Этот показатель делает его самым выдающимся в выборке из 205 изученных объектов.



Далее следует шестой (VI) кластер, в который входит всего 6 озер Таттинского улуса. Они имеют смешанное происхождение – эрозионно-термокарстовое и водно-эрозионное. Максимальная глубина этих озёр составляет от 1,5 до 3 м, Котловины имеют полуэллиптическую форму. Озёра обладают нейтральным или слабощелочным рН, очень мягкой водой с повышенной или солоноватой минерализацией. В ионном составе преобладают ионы натрия и гидрокарбонатов.

Самая многочисленная группа озёр, состоящая из 77 объектов (37,6% от общего числа), образует кластер VII. В свою очередь, этот кластер подразделяется на три субкластера: VIIa, VIIb и VIIc. Особое внимание стоит уделить озеру Тыымпы-Баса (L109), расположенному в начале кластера VII. Это солёное озеро, вода в котором содержит 3017 мг/л солей.

В субкластер VIIa вошли 16 термокарстовых, 5 эрозионно-термокарстовых, 3 тукулановых и 2 водно-эрозионных озёра. Эти небольшие молодые озёра расположены преимущественно на Тюнгилюнской террасе и имеют глубину от 1,7 до 8,6 м. Высокая прозрачность воды характерна для молодых термокарстовых водоёмов, достигающая 1,2 м. Уровень рН этих озёр нейтральный, вода характеризуется повышенной минерализацией или является солоноватой. В ионном составе воды преобладает гидрокарбонатно-натриевый или натриево-гидрокарбонатный состав.

Следующий субкластер VIIb включает в себя 23 водоёма, среди которых в равной степени представлены 6 термокарстовых (из них 2 ТеА), 13 эрозионно-термокарстовых (из них 2 озера ЭТА) и 4 водно-эрозионных озёра. Небольшие озёра этого субкластера расположены преимущественно на Абалахской, Тюнгилюнской и Маганской террасах и имеют относительно высокую глубину – от 6,1 до 8,6 м. Вода озёр характеризуется низкой прозрачностью, нейтральным уровнем рН, низкой и повышенной минерализацией. По ионному составу вода озёр в основном гидрокарбонатно-натриевая и/или натриево-гидрокарбонатная.

Субкластер VIIc, включающий 27 водоёмов: 15 водно-эрозионных, 8 термокарстовых и 4 эрозионно-термокарстовых озёр. Максимальная глубина этих озёр варьирует от 1,5 до 4,0 м, прозрачность воды низкая, pH нейтральный, жесткость средняя, вода является солоноватой или обладает повышенной минерализацией. Состав главных ионов группы характеризуется преобладанием натриево-гидрокарбонатных и/или гидрокарбонатно-натриевых вод.

Остальные изученные объекты (9,8%) были объединены в кластер VIII, где преобладают небольшие термокарстовые озёра, в том числе водоёмы, нарушенные антропогенной деятельностью. Большинство из них расположены на Абалахской террасе (75%).

В данной группе находится **самое «солёное» озеро** из всех изученных объектов – Чонтохой (L222). Его минерализация достигает 5033,3 мг/л, а pH – щелочной, вода натриево-гидрокарбонатная.

К числу уникальных можно отнести безымянное термокарстовое озеро (L244), находящееся в стадии «тыымпы». Его прозрачность достигает до 2 м при максимальной глубине воды 2 м. Это **самое «прозрачное» озеро** из всей выборки.

Вода остальных озёр имеет нейтральные, слабощелочные и щелочные значения pH, повышенную минерализацию или является солёной, характеризуется преобладанием гидрокарбонат-ионов и различными сочетаниями катионов.

Таким образом, проведенный кластерный анализ показал, насколько разнообразны озёра в исследуемом районе. Он позволил разделить озёра Лено-Амгинского междуречья на несколько условных групп, отличающихся по химическому составу воды и особенностям озёрных котловин. Среди всех озёр выделяются те, у которых показатели исследуемых характеристик особенно высокие. К таким озёрам можно отнести Мюрю (L205), Усун-Кюель (L109), Огус-Харага (L155), Тыымпы-Баса (L161) и Чонтохой (L222). Их можно назвать «уникальными» озёрами Лено-Амгинского междуречья.

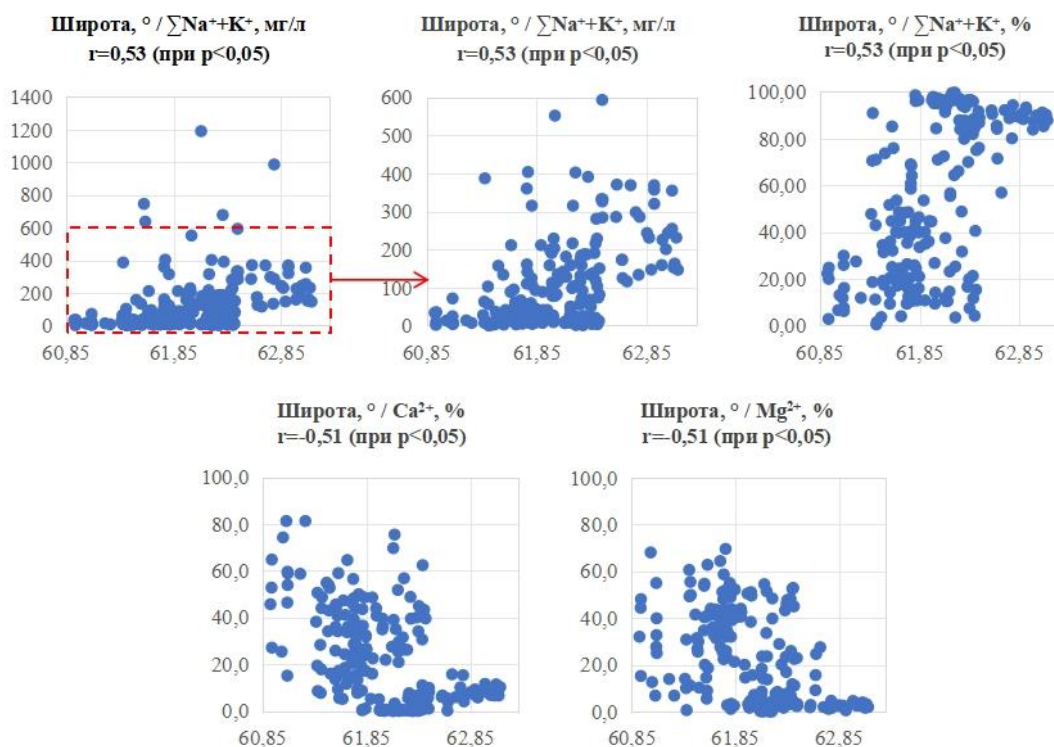
#### 4.4 Корреляция морфометрических и физико-химических характеристик разнотипных озёр Лено-Амгинского междуречья

Для проведения корреляционного анализа (с применением коэффициента ранговой корреляции Спирмена, при  $p < 0,05$ ) автор диссертации использовал морфометрические (площадь зеркала, длина, ширина, максимальная глубина, форма котловины, степень изрезанности), физико-химические параметры (концентрации кальция, магния, сумма натрия и калия, хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов, аммония, общего железа, минерализацию, общую жесткость и рН) и характеристики расположения (координаты широты и долготы, высота над уровнем моря, площадь водосбора, порядковый номер речной надпойменной террасы (на которой расположен водоём), облесённость, расстояние до реки) озёр в пределах исследуемой территории.

*Корреляционный анализ по всему набору объектов исследования. Для всей выборки из 205 озёр Лено-Амгинского междуречья (независимо от генетического типа котловин) был обнаружен ряд взаимосвязей параметров. С увеличением широты расположения озёр наблюдается небольшое увеличение концентрации (в мг/л) и общей доли (в %) ионов натрия и калия, а также уменьшение процентного содержания ионов кальция и магния (рисунок 4.4.1). Это может быть отражением зональных изменений в составе этих основных ионов на исследуемой территории.*

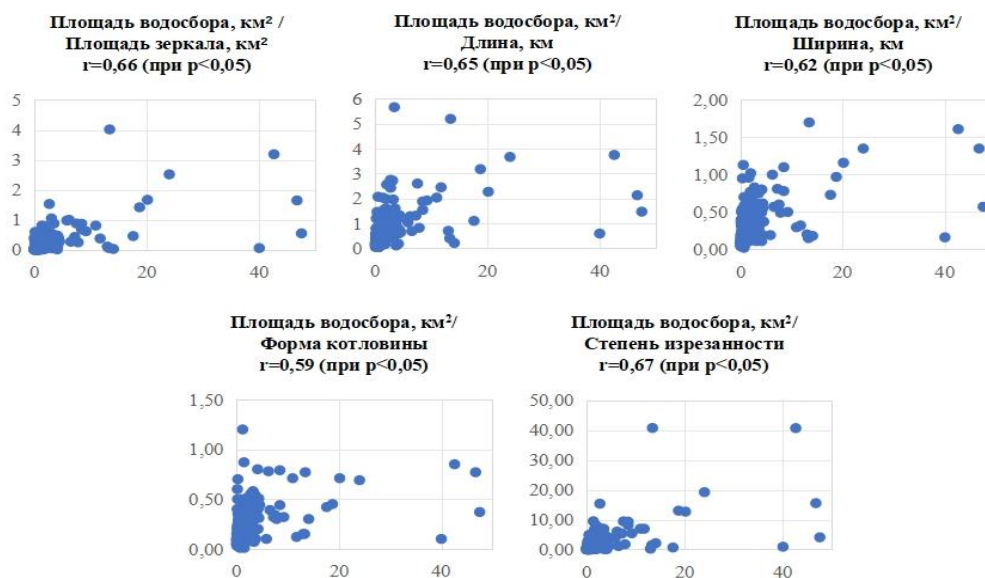
Установлена статистически значимая связь между площадью водосбора и размерами озёрной котловины (рисунок 4.4.2). Озёра с большей площадью водосбора, как правило, крупнее по размеру, обладают более развитой береговой линией и сложными формами зеркала.

Концентрации общего железа были определены в воде 103 исследованных озёр. Для этих озёр характерно снижение концентрации общего железа с увеличением рН и концентрации ионов магния (рисунок 4.4.3).



Примечание:  $r$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмена

Рисунок 4.4.1 – Взаимные связи широты (ось ОХ) и концентраций главных катионов (ось ОУ)

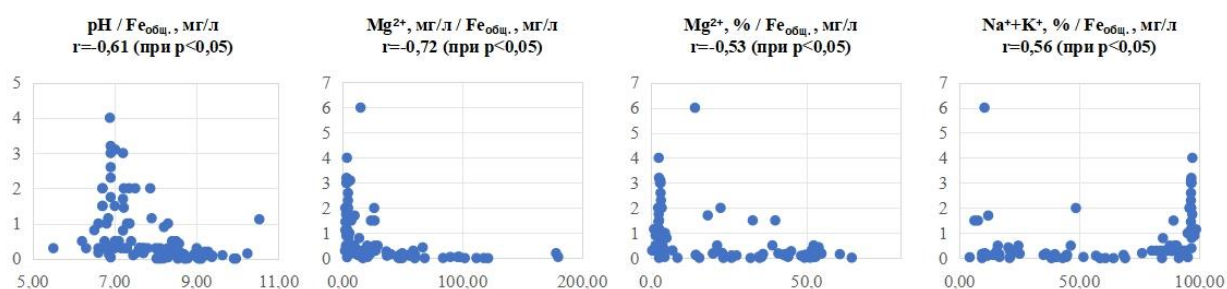


Примечание:  $r$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмена

Рисунок 4.4.2 – Взаимные связи площади водосбора (ось ОХ) и морфометрических параметров озер (ось ОУ)

Понижение концентрации общего железа на фоне роста рН, возможно, является следствием образования нерастворимых форм железа (и

выпадением их в осадок) при возрастании значений водородного показателя, который в свою очередь может увеличиваться на фоне возрастания общей жесткости воды, во многом обусловленной присутствием ионов магния. Кроме того, наблюдается увеличение содержания общего железа при увеличении суммарной доли натрия и калия, что происходит закономерно при снижении доли других главнейших катионов (в том числе магния).



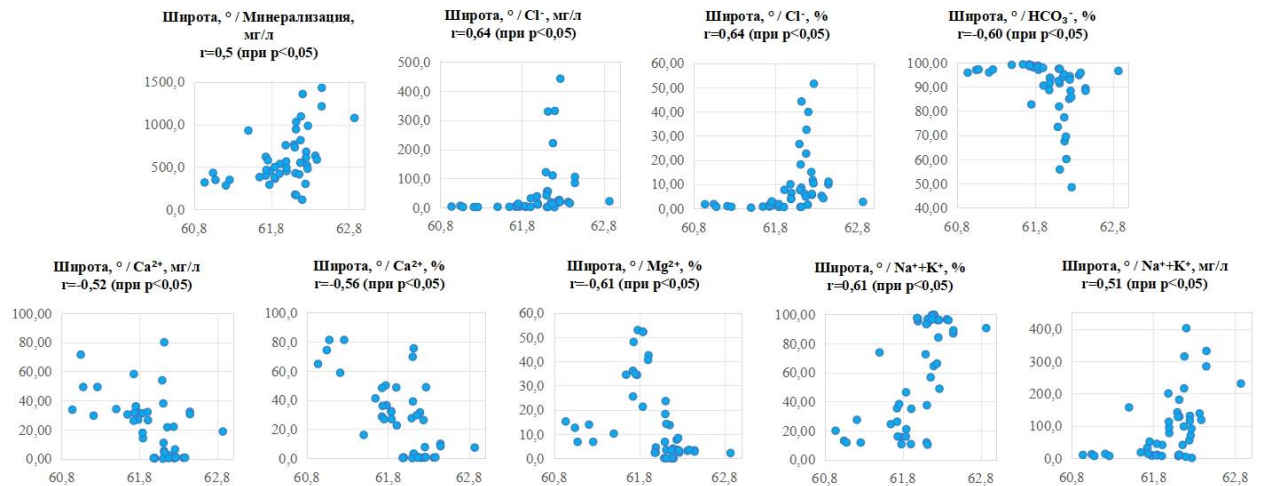
*Примечание:  $r$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмена*

**Рисунок 4.4.3** – Взаимные связи ряда химических параметров (ось ОХ) и концентрации общего железа (ось ОУ)

*Взаимосвязи характеристик водно-эрозионных озёр.* Увеличение значений географических координат расположения водно-эрозионных озёр по широте (рисунок 4.4.4) сопровождается возрастанием общей минерализации, концентраций натрия, калия и хлоридов, а также снижением процентного количества гидрокарбонатов и кальция.

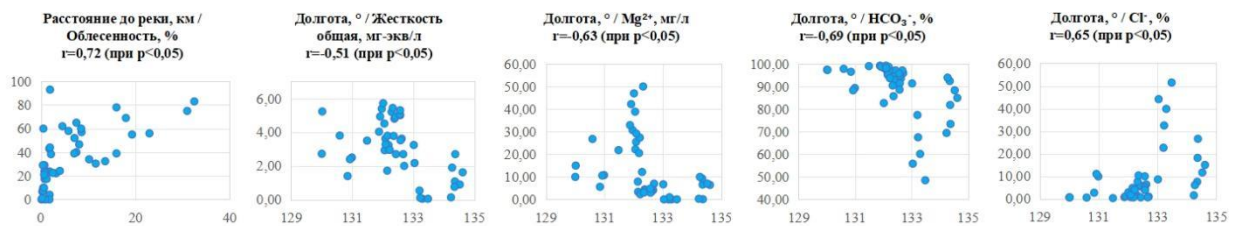
Вероятно, подобное положение дел объясняется преобладающим влиянием на концентрации указанных компонентов обследованных озёр факторов, связанных с зональным изменением химического состава воды, согласно которому значения указанных параметров в Якутии, как правило, увеличиваются, с возрастанием сухости климата.

Увеличение расстояния мест расположения озёр водно-эрозионного типа до ближайшей реки сопровождается выраженным увеличением облесённости водосбора (рисунок 4.4.5), что может указывать на снижение степени воздействия водотока, от которого образовано водно-эрозионное озеро, на его водосборную территорию.



Примечание:  $r$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмена

**Рисунок 4.4.4** – Взаимные связи координат широты расположения водно-эрозионных озёр (ось ОХ) и ряда физико-химических параметров воды (ось ОУ)



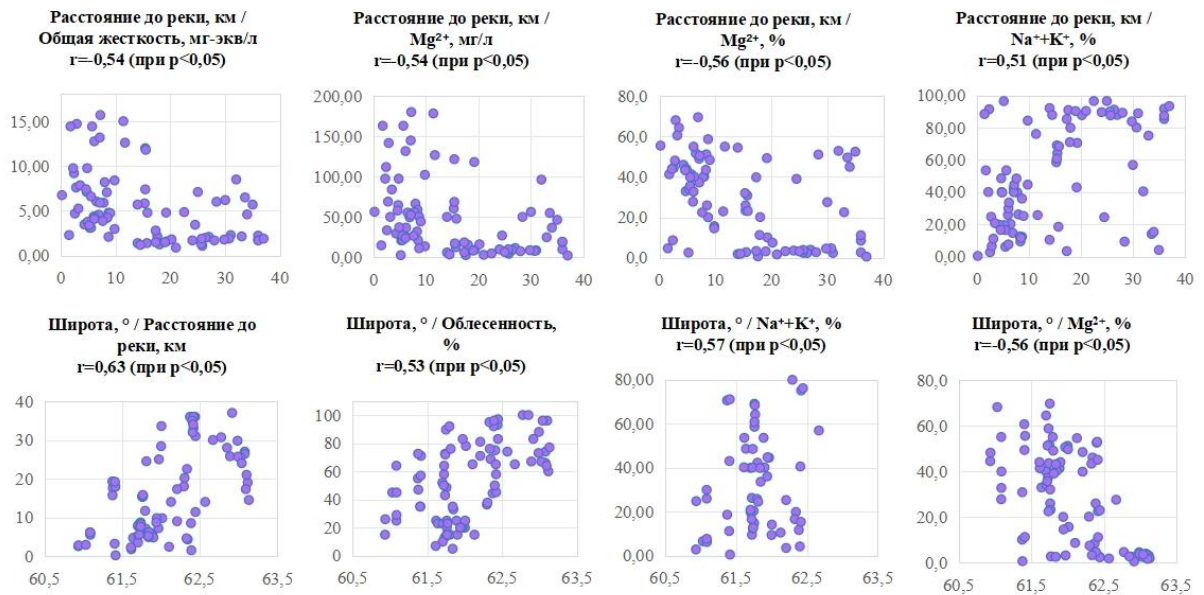
Примечание:  $r$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмена

**Рисунок 4.4.5** – Взаимные связи характеристик местоположения водно-эрозионных озёр (ось ОХ) и ряда параметров (ось ОУ)

По мере увеличения долготы расположения озёр, общая жесткость, концентрация магния и доля гидрокарбонатов в воде снижаются, в то время как доля хлоридов, наоборот возрастает.

*Взаимосвязи параметров термокарстовых озёр.* Для набора термокарстовых озёр (рисунок 4.4.6) установлена взаимосвязь между значением координат по широте расположения водных объектов и расстоянием до ближайшей реки. Более «северные» озёра, как правило, расположены дальше от водотоков и имеют более высокую степень облесенности своих водосборных бассейнов, а также большую долю растворенных в воде ионов натрия и калия. Возрастание расстояния до реки

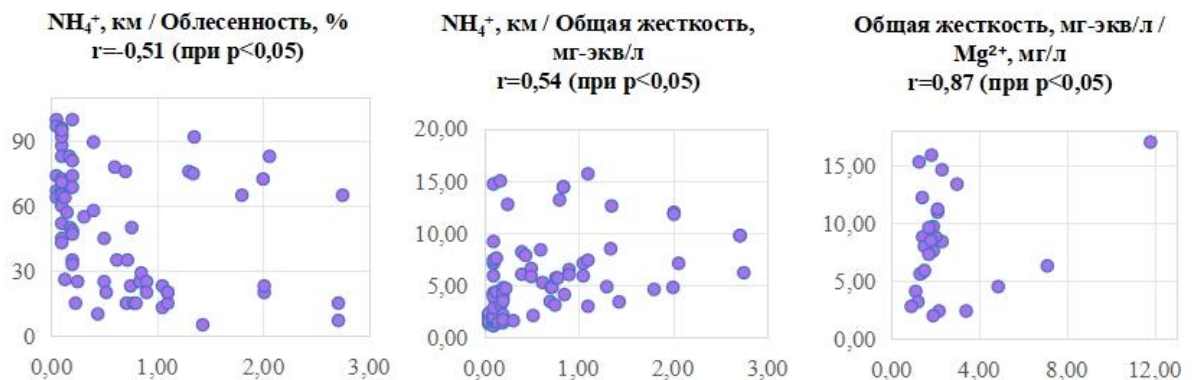
сопровождается статистически значимым сокращением значений общей жесткости воды.



Примечание:  $r$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмена

Рисунок 4.4.6 – Взаимные связи характеристик местоположения термокарстовых озёр (ось ОХ) и ряда параметров (ось ОУ)

Для 75 озёр термокарстового генезиса установлены концентрации растворенных в воде ионов аммония. Концентрация данного параметра несколько возрастает при увеличении степени облесённости водосбора и общей жесткости (рисунок 4.4.7).



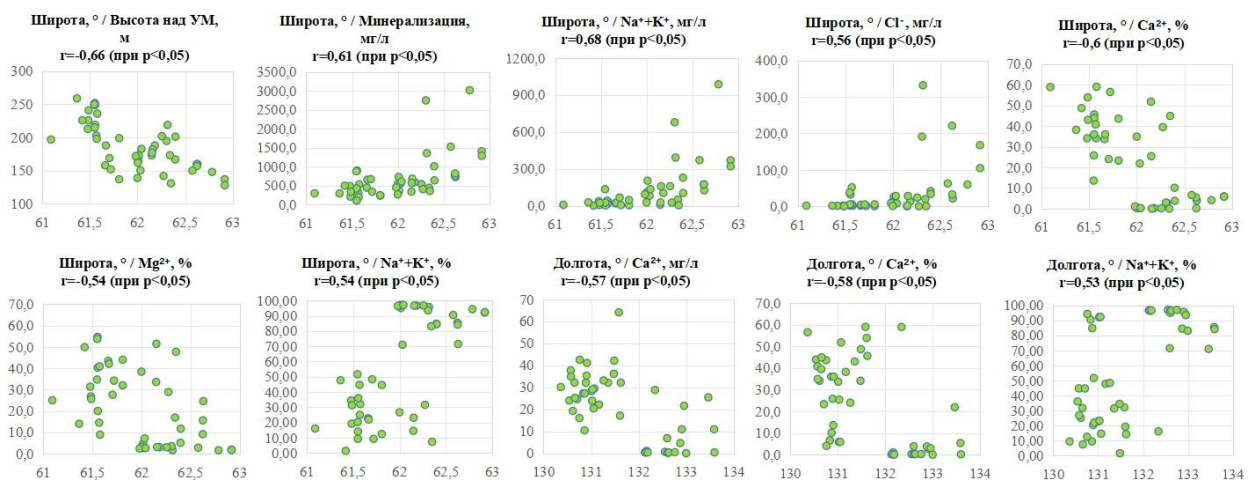
Примечание:  $r$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмена

Рисунок 4.4.7 – Взаимные связи концентрации ионов аммония термокарстовых озёр (ось ОХ) и ряда параметров (ось ОУ)

Вероятно, в условиях более развитой лесной растительности или факторов, с которыми они связаны, создаются благоприятные возможности для накопления в воде ионов аммония.

*Взаимосвязи параметров эрозионно-термокарстовых озёр.*

Увеличение значений широты расположения эрозионно-термокарстовых озёр сопровождается снижением их высоты над уровнем моря, повышением минерализации воды и концентрации хлоридов, а также увеличением суммы концентраций натрия и калия. В то же время процентное содержание кальция и магния в этих озёрах уменьшается. Точно такие же тенденции в изменении указанных параметров отмечены и для водно-эрозионных озёр. Увеличение координат долготы мест расположения эрозионно-термокарстовых озёр связано с сокращением концентрации растворенного в воде кальция и увеличением общего содержания натрия и калия (рисунок 4.4.8).



*Примечание: r – коэффициент ранговой корреляции Спирмена*

**Рисунок 4.4.8** – Взаимные связи характеристик местоположения (ось ОХ) и ряда параметров (ось ОУ) эрозионно-термокарстовых озёр

Подобные тенденции в изменении параметров были выявлены и для водно-эрозионных озёр. Ранее аналогичные взаимосвязи были обнаружены и для озёр на севере Якутии (Городничев, 2015; Левина, 2023). В этих исследованиях было отмечено, что минерализация и концентрации основных ионов, растворённых в воде, изменяются в зависимости от коэффициента

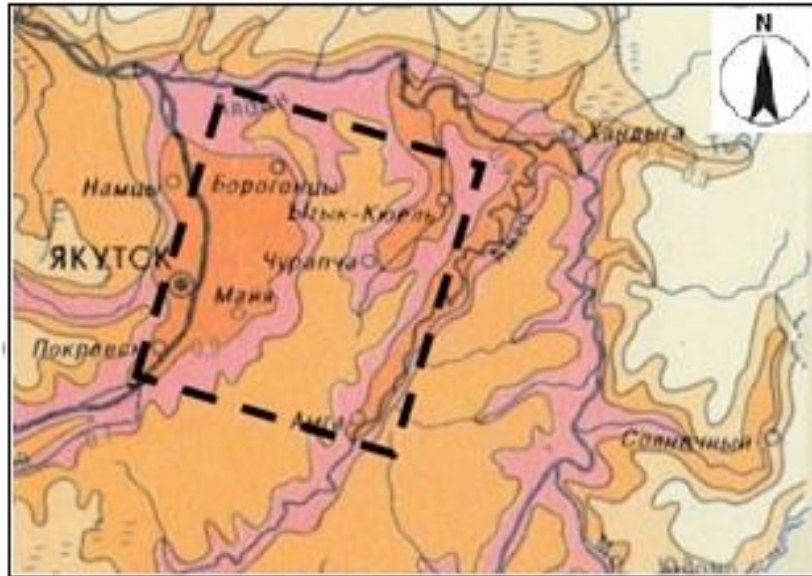






увлажнённости территории. Этот коэффициент оказывает значительное влияние на водный баланс малых озёр в регионе.

В Лено-Амгинском междуречье, в отличие от озёр Севера Якутии, с увеличением широты места расположения минерализация и концентрация хлоридов, натрия и калия не уменьшаются, а возрастают. Это происходит на фоне усиления сухости климата, которая в районе расположения исследованных озёр значительно увеличивается с юга на север.

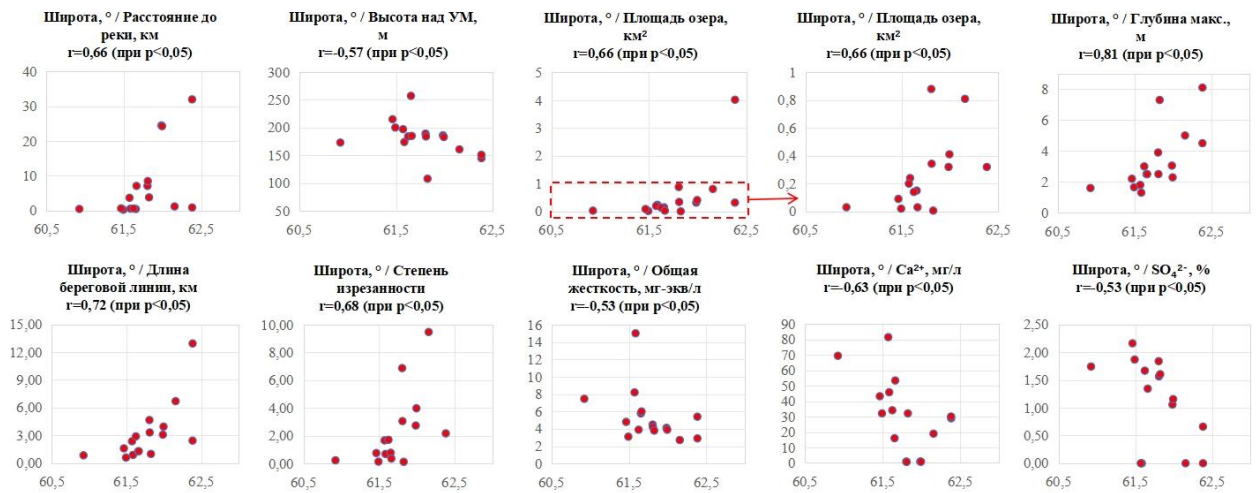
Данный факт наглядно увидеть на картосхеме распределения значений показателя сухости Центральной Якутии (Атлас сельского..., 1989) (рисунок 4.4.9).

*Взаимосвязи параметров термокарстового антропогенного типа.* Увеличение широты мест расположения термокарстовых антропогенных озёр приводит к статистически значимому увеличению их удаленности от рек (как и в случае с термокарстовым типом) и уменьшению их высоты над уровнем моря (для эрозионно-термокарстовых водоёмов отмечена такая же тенденция). По мере продвижения на север рассматриваемого региона площадь зеркала, максимальная глубина и степень изрезанности термокарстовых антропогенных озёр значительно увеличиваются, в то время как общая жёсткость, концентрации кальция и общей доли сульфатов снижаются (рисунок 4.4.10), что может быть следствием более высокой активности протекания современных термокарстовых процессов на севере района, приводящих к обогащению озёр водой от таяния грунтовых льдов.



Показатель сухости	Гидротермические районы
 менее 0,3	Холодный, весьма избыточно увлажненный
 0,3 - 0,5	Весьма недостаточно теплый, избыточно увлажненный
 0,5 - 0,7	Недостаточно теплый, значительно увлажненный
 0,7 - 0,9	Достаточно теплый, увлажненный
 более 0,9	Умеренно теплый, недостаточно увлажненный
	Район исследования

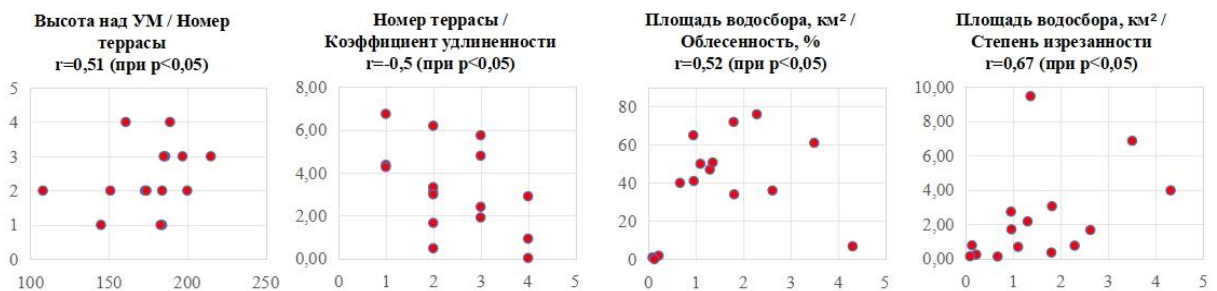
**Рисунок 4.4.9** – Карта-схема распределения показателя сухости на территории Центральной Якутии (фрагмент из Атласа сельского хозяйства, 1989)



Примечание:  $r$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмена

**Рисунок 4.4.10** – Взаимные связи координат широты местоположения (ось ОХ) и ряда параметров (ось ОУ) озёр термокарстового антропогенного типа

Возрастание высоты (рисунок 4.4.11) над уровнем моря и номера речной надпойменной террасы, на которой располагаются озёра, сопровождаются некоторым снижением коэффициента удлиненности термокарстовых антропогенных озёр. Увеличение площади их водосбора происходит на фоне возрастания лесистости и степени изрезанности береговой линии водоёма.



Примечание:  $r$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмена

**Рисунок 4.4.11** – Взаимные связи ряда параметров озёр термокарстового антропогенного типа

Таким образом, в процессе изучения взаимосвязей между морфометрическими и физико-химическими характеристиками разнотипных озёр района исследований были выявлены следующие закономерности:

– озёра Лено-Амгинского междуречья с большей площадью водосбора, как правило, крупнее по размеру, обладают более развитой береговой линией и сложными формами зеркала;

– с увеличением широты мест расположения озёр района наблюдается увеличение в воде концентрации ионов натрия и калия, а также уменьшение процентного содержания ионов кальция и магния;

– для исследуемых озёр региона отмечается понижение концентрации общего железа на фоне роста рН, что, вероятно, может быть результатом выпадения соединений железа в осадок, происходящем на фоне возрастания общей жесткости воды;

– увеличение значений географических координат широты расположения водно-эрозионных и эрозионно-термокарстовых озёр сопровождается возрастанием общей минерализации, концентраций натрия, калия и хлоридов, а также снижением доли кальция. Для озёр других частей Якутии (например, Севера) отмечается противоположная тенденция (Городничев, 2016; Левина, 2023);

– по мере продвижения на север Лено-Амгинского междуречья площадь зеркала, максимальная глубина и степень изрезанности термокарстовых антропогенных озёр значительно увеличиваются, в то время как общая жёсткость, концентрации кальция и доля сульфатов снижаются, что может быть следствием более высокой активности протекания современных термокарстовых процессов на севере района, приводящих к обогащению озёр водой от таяния грунтовых льдов.

#### 4.5 Краткие выводы по главе 4

Площадь водосборного бассейна озёр в Лено-Амгинском междуречье может варьировать от 0,01 до 138 км<sup>2</sup>. Основная масса озёр (86,3%) имеет

небольшой водосборный бассейн, менее 5 км<sup>2</sup>, покрытый в большинстве случаев (для 48% озёр) лесной или преимущественно лесной растительностью.

По площади зеркала преобладают «маленькие» (44%) и «малые» водоёмы (40%). Большинство исследованных озёр (71%) имеют «очень малую глубину», их максимальная глубина не превышает 3,12 м. По коэффициенту ёмкости преобладают два типа форм: параболоидная (48%) и полуэллиптическая (33%). Форма котловин, определённая по показателю удлинённости, варьирует от округлой (12%) до удлинённой (69%).

Большинство озёр являются слабо открытыми (56,6%) и умеренно открытыми (33,7%). Преобладают озёра со слабоизрезанной береговой линией (67%), в то время как сильноизрезанных озёр насчитывается около трети (27%). Озеро Мюрю (L205) выделяется на фоне остальных водоёмов Лено-Амгинского междуречья своими «уникальными» размерами: его площадь, длина и максимальная ширина значительно превышают аналогичные показатели других водных объектов.

Вода озёр Лено-Амгинского междуречья характеризуется низкой прозрачностью: 89% имеют очень низкую прозрачность, 11% – низкую. Водородный показатель (рН) воды в озёрах варьирует от слабокислого (5,5) до сильнощелочного (10,5). Большинство озёр (до 82%) имеют нейтральную или слабощелочную среды.

Минерализация озёрных вод варьирует в широких пределах – от 103 до 5033,3 мг/л. Большинство водоёмов обладают пресной (36,1%) и повышенно-минерализованной (40,5%) водой. Практически все исследованные водные объекты характеризуются «мягкими» (57,6%) и «среднежесткими» (32,7%) водами.

Подавляющее большинство (98%) исследованных озёр относится к гидрокарбонатному классу, при этом группы катионов сочетаются по-разному, однако наиболее часто доминирует натрий (44,9%).

Вода в некоторых озёрах Лено-Амгинского междуречья не соответствует санитарно-гигиеническим нормам, установленным для водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значений. Это касается таких показателей, как общая минерализация (20,5% озёр) и pH (18% озёр имеют отклонения от нормы).

По сочетаниям схожих значений физико-химических параметров воды и морфометрических характеристик озёра Лено-Амгинского междуречья были подразделены на несколько условных групп. Среди всех водоёмов выделяются те, у которых значения показателей исследуемых характеристик значительно выше, к таковым относятся Мюрю (L205), Усун-Кюель (L109), Огус-Харага (L155), Тыымпы-Баса (L161) и Чонтохой (L222). Эти озёра можно назвать «уникальными» для Лено-Амгинского междуречья.

В ходе корреляционного анализа установлено, что озёра в Лено-Амгинском междуречье с большей площадью водосбора обычно имеют более развитую береговую линию, крупные размеры и сложные формы водного зеркала. Изменения в расположении озёр, особенно их географической широты, приводят к значительным изменениям в химическом составе воды. С увеличением широты расположения водно-эрозионных и эрозионно-термокарстовых озёр наблюдается повышение общей минерализации, концентрации натрия, калия и хлоридов, а также снижение содержания кальция.

По мере продвижения на север в пределах Лено-Амгинского междуречья происходит увеличение площади зеркала, максимальной глубины и степени изрезанности термокарстово-антропогенных озёр. Одновременно с этим наблюдается снижение общей жёсткости, концентрации кальция и доли сульфатов, что может быть связано с активизацией термокарстовых процессов.

## ГЛАВА 5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОЗЁРНЫХ ВОД ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

### 5.1 Социально-экономические условия и особенности водопользования районов Лено-Амгинского междуречья

Республика Саха (Якутия) обладает обширной территорией, находится далеко от центральных регионов Российской Федерации и имеет экстремальный климат. Низкая плотность населения на большей части территории региона (в среднем 0,32 чел./км<sup>2</sup>), что обусловлено особенностями развития. В республике преобладает узкая специализация – добыча природных ресурсов над их переработкой. Это приводит к значительным различиям в социально-экономических условиях и уровне жизни между районами, что затрудняет адаптацию населения к современным рыночным условиям (Присяжный, 2001; Федорова и др., 2014).

Территорию Якутии можно условно разделить на две неравномерно развитые части: промышленную и сельскохозяйственную. Каждая из этих частей обладает уникальными природными и экономическими особенностями, а также различными приоритетами в социально-экономической сфере и разными уровнями и качеством жизни. По данным М.Ю. Присяжного (Присяжный, 2011), в Якутии можно выделить семь основных типологических зон по уровню развития: Северо-Западная, Северная, Северо-Восточная, Восточная, Центральная, Западная и Южная. Автор статьи считает, что такое деление Якутии на зоны, исходя из уровня их развития и разнообразия типов застройки (от самых высоких до самых низких), создает прочную основу для разработки индивидуальных планов развития для каждой конкретной территории.

Территория РС (Я) является частью Дальневосточной экономической зоны и занимает площадь в 6 952 555 квадратных километров, или 40,6% от

общей площади страны. Плотность населения в этом регионе составляет 1,13 человека на квадратный километр.

По основным социально-экономическим показателям в пределах РС (Я) (Федорова и др., 2014) выделяют 5 микрорегионов: Южная Якутия, Западная Якутия, Центральная Якутия, Восточная Якутия и Северная группа районов. Среди этих выделяемых микрорегионов наблюдается значительная дифференциация по основным социально-экономическим показателям, при этом Центральная Якутия занимает лидирующие позиции, опережая остальные по всем показателям (таблица 5.1.1).

**Таблица 5.1.1** – Основные социально-экономические показатели по микрорегионам Республики Саха (Якутия) на 2012 г. (по Федоровой и др., 2014)

Микрорегионы	Южная Якутия	Западная Якутия	Центральная Якутия	Восточная Якутия	Северная группа районов
Численность населения, чел.	148491	213477	<b>498987</b>	30908	63717
Численность занятых экономикой, чел.	57449	94830	<b>162802</b>	14798	24613
Число официальных безработных, чел.	875	1815	<b>4523</b>	369	1523
Денежные доходы на душу населения, руб.	2578,0	2004,8	<b>2832,5</b>	1140,4	665,2
Выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг, тыс. руб.	79117689	171888353	<b>177212148</b>	13863080	2013868
Всего расходов по территории, млн. руб.	7691,9	15784,5	<b>19449,5</b>	3483,5	7286,9
Сальдированный финансовый результат деятельности организаций, тыс. руб.	12487749	59465363	<b>5930999</b>	3359401	109147

Примечание: здесь жирным шрифтом и серым цветом отмечены максимальные значения по выборке

Микрорегион Центральная Якутия охватывает 10 административно-экономических районов республики. В его состав входят город Якутск и следующие районы: Хангаласский, Кобяйский, Горный, Амгинский, Намский, Мегино-Кангаласский, Таттинский, Усть-Алданский и Чурапчинский.

По состоянию на 1 января 2023 года в республике насчитывалось 999 614 постоянных жителей, что ставило её на 50-е место среди субъектов



Российской Федерации. Из них 325 972 человека проживали в сельские местности, что составило 33% от общего числа жителей Якутии. В настоящее время в республике насчитывается 582 сельских населенных пункта, объединенных в 34 муниципальных района (Численность..., 2023).

Регион охватывает обширную территорию, на которой расположено множество сельских районов, каждый которых уникален по своим географическим, климатическим, почвенным условиям, транспортной доступности, расположению населенных пунктов и сельскохозяйственной специализации. На основе этих характеристик была создана система пространственного зонирования сельских территорий, которая делит регион на шесть природно-экономических зон: Заречную, Центральную, Западную, Горнотаежную, Среднеленскую и Арктическую (Система..., 2021). Г.И. Даянова с соавторами (2021) выделили четыре типа сельских территорий для каждого из этих зон: аграрные, пригородные, агропромышленные и слаборазвитые (таблица 5.1.2).

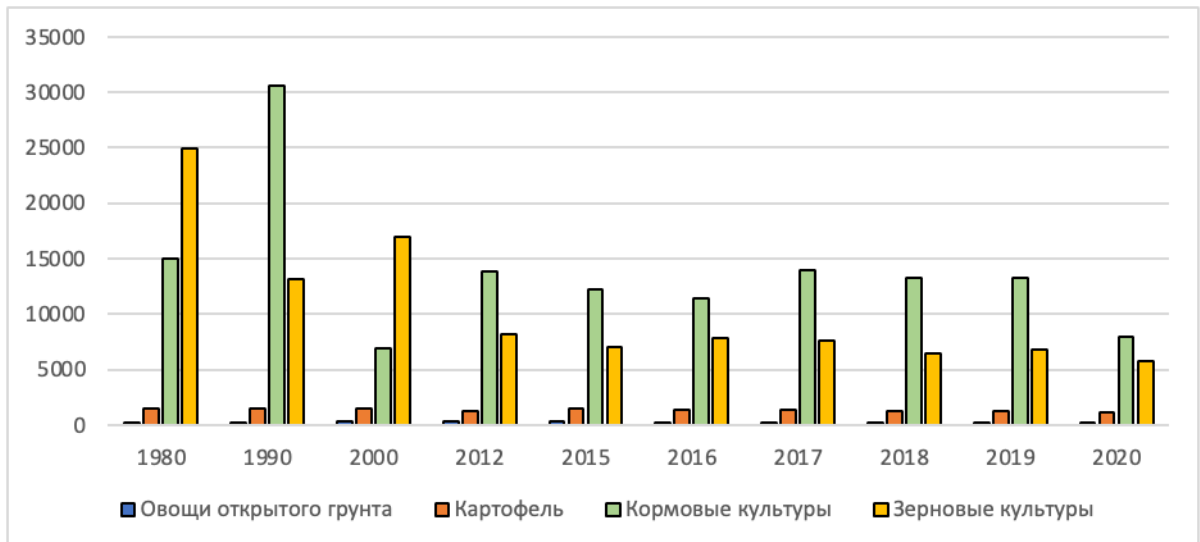
Заречная часть Якутии является наиболее развитым сельскохозяйственным районом республики благодаря своему удобному расположению, близости к столице, хорошо развитой транспортной сети и относительно высокой плотности населения по сравнению с другими улусами (районами). В эту зону входят пять районов: Амгинский, Мегино-Кангаласский, Таттинский, Усть-Алданский и Чурапчинский. Общая площадь этих районов составляет около 91 000 км<sup>2</sup> (Охрана..., 2021). Эти районы расположены в Лено-Амгинском междуречье и включают в себя 96 сельских населенных пунктов и один поселок городского типа (Официальный..., 2022).

В Заречной зоне наиболее значимыми отраслями сельского хозяйства являются мясо-молочное животноводство, коневодство, овощеводство, картофелеводство и сбор ягод. По сравнению с другими зонами, здесь наблюдается высокий процент крупного рогатого скота (45%) и лошадей (40%).

**Таблица 5.1.2** – Типы сельских территорий в природно-экономических зонах Республики Саха (Якутия) (по Даяновой и др., 2021)

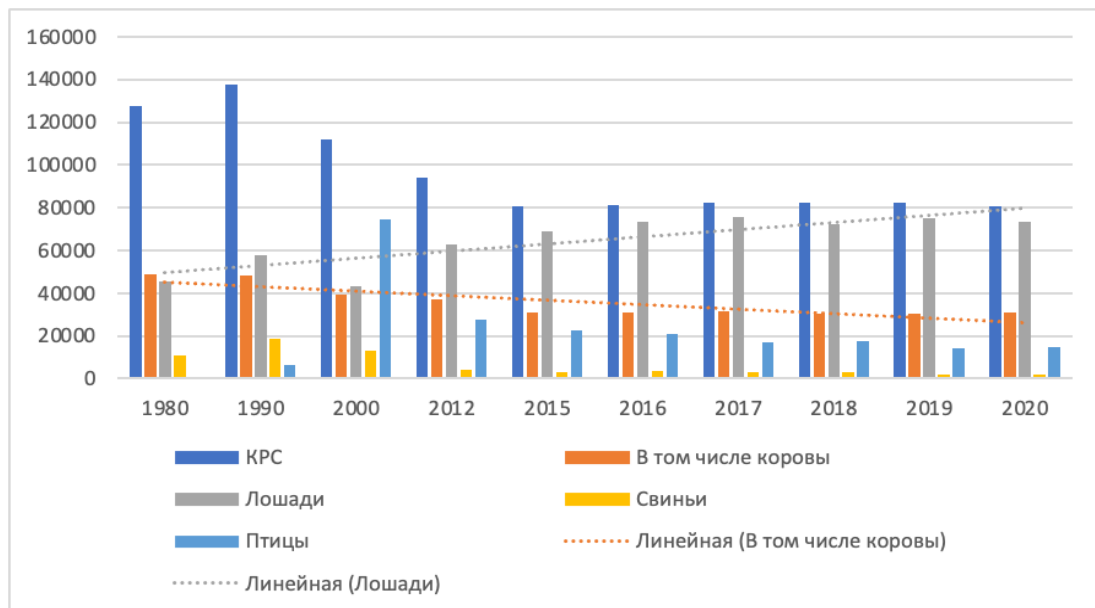
Тип сельской территории	Параметры типизации	Зоны	Количество населенных пунктов (н/п)
Аграрный	Преимущественно аграрная специализация сельской местности, более благоприятные природные и социальные условия развития	<b>Заречная:</b> Амгинский, Мегино-Кангаласский, Таттинский, Усть-Алданский, Чурапчинский	96 сельских н/п и 1 н/п городского типа
Пригородный	Многофункциональная экономика, сельское хозяйство пригородного типа, благоприятные социальные условия	<b>Центральная:</b> Намский, Хангаласский, Кобяйский (Сангар), пригороды Якутска	44 сельских, 9 городских н/п
Аграрно-промышленный	Добыча полезных ископаемых, где местное население традиционно занимается сельским хозяйством	<b>Западная:</b> Мирнинский, Сунтарский, Верхневиллюйский, Виллюйский	87 сельских, 9 городских н/п
		<b>Горно-таежная:</b> Алданский, Кобяйский, Нерюнгринский, Оймяконский, Томпонский, Усть-Майский	52 населенных пунктов, из них 30 сельских
		<b>Среднеленская:</b> Ленский и Олекминский	34 населенных пунктов, из них 30 сельских
Малоосвоенный	Слабая очаговая освоенность сельских местностей, неблагоприятные природно-климатические условия развития	<b>Арктическая:</b> 13 районов республики	119 населенных пунктов, из них 119 сельских

Площадь сельскохозяйственных угодий в Заречной зоне составляет 36,1%, из которых пахотные земли приходится 8,2%, сенокосы – 43%, а пастбища – 47,2%. Однако во всех районах ощущается нехватка сенокосных и пастбищных площадей. В связи с этим уже давно сформированы небольшие сенокосные бригады, которые осенью отправляются в соседние регионы (РС (Я)) или другие части России (Хабаровский край, Амурская область). По сравнению с 1990 годом, площади, отведенные под кормовые и зерновые культуры, значительно сократились (рисунок 5.1.1).



**Рисунок 5.1.1** – Динамика изменения посевной площади сельскохозяйственных культур (в га) Заречной зоны (по Даяновой и др., 2022)

Анализ данных за последние 40 лет показал, что Заречная зона в своей деятельности перешла от более затратного вида животноводства – разведения крупного рогатого скота – к менее затратному – разведению лошадей (Сельское..., 2021). За этот период поголовье крупного рогатого скота сократилось на 37%, достигнув 81 тысячи голов. В то же время, количество лошадей, напротив, постепенно растет (рисунок 5.1.2).



**Рисунок 5.1.2** – Динамика изменения численности домашнего скота и птиц в Заречном районе на конец года, по данным Даяновой и др. (2022)

Среди регионов федерального округа РС (Я) занимает первое место по количеству озер и водохранилищ и второе место по общей площади озер после Сахалинской области. Среди регионов России он занимает первое место как по общему количеству озер, так и по общей площади, покрытой озерами и водохранилищами. В общей сложности в Якутии насчитывается более 700 000 озер, занимающих площадь более 83 000 квадратных километров (Сивцева и Мостахов, 1990; Якутия..., 2007). Большинство из этих озер имеют небольшие размеры и небольшую глубину. Территории северной части Лено-Амгинского междуречья разделены между муниципальными районами пяти улусов (Амгинский, Мегино-Кангаласский, Намский, Таттинский и Усть-Алданский) РС(Я). Эти районы занимают общую площадь в 102,88 квадратных километра, при этом на долю Амгинского приходится 29% от общей площади, Мегино-Кангаласского - 11%, Намского - 12%, Таттинского - 18% и Усть-Алданского - 18%. На долю Чурапчинского приходится 12% территории.

В настоящее время в регионе наиболее распространенная система водоснабжения в сельской местности и небольших городах (Нижний Бестях) предполагает забор воды непосредственно из системы центрального отопления. Для удовлетворения потребностей как в водоснабжении, так и в отоплении специальные транспортные средства доставляют воду из поверхностных (прибрежные районы водохранилища) и подземных источников в резервуары котельных (таких как сёла Чурапча, Майя и Борогонцы). Затем эта вода используется для заполнения систем отопления и удовлетворения технологических требований теплоснабжения.

Информацию об источниках водоснабжения, используемых в административных центрах и крупных населенных пунктах Лено-Амгинского междуречья, можно найти в таблице 5.1.3.

На территории заречных улусов водоснабжение населенных пунктов осуществляется в основном за счет поверхностных водоёмов. Например, в

Чурапчинском и ряде других населенных пунктов Усть-Алданского, Мегино-Кангаласского, Таттинского и Амгинского районов воду берут из озёр.

**Таблица 5.1.3** – Информация об источниках водоснабжения в населенных пунктах Лено-Амгинского междуречья, основанная на данных программы "Чистая вода" (2010)

Улус (район)	Административный центр крупного населенного пункта	Существующий источник водоснабжения
Амгинский	с. Амга	ПВР*Амга
Мегино-Кангаласский	с. Майя	ОВ, ПИВ
	п. Нижний Бестях	ПВР Лена, ОВ
Таттинский	с. Ытык-Кюель	ПВР Татта, ВО, ПИВ
Усть-Алданский	с. Борогонцы	ПВВ, ПИВ
	с. Дюпся	ОВ
	с. Кептени	ОВ
	с. Огородтах	ПВР Лена
Чурапчинский	с. Чурапча	ОВ

Примечание. ПВР – поверхностные воды реки, ОВ - озёрные воды, ПИВ - подземные источники воды (озёрный талик), ПВВ - поверхностные воды водохранилищ, ПМВ - подмерзлотные воды

На протяжении веков население сельских районов Центральной Якутии использовало лед из близлежащих озер как в хозяйственных, так и в питьевых целях. Местные жители заготавливают лед для питья в начале зимы (ноябрь), когда толщина льда превышает 15–20 сантиметров (рисунок 5.1.3).

Этот «дедовский» метод до сих пор не имеет современных аналогов. В отдаленных районах жители самостоятельно обеспечивают себя водой, срезая ледяные глыбы с поверхности водных объектов и последующим хранением в подземных условиях.

Сельские населенные пункты, расположенные в поймах рек Лена, Алдан, Суола и Амга, используют речную воду для своих хозяйственных нужд. В течение короткого летнего сезона некоторые из этих деревень используют временную систему водоснабжения в технических целях, забирая воду из поверхностных источников напорным методом.

Подземные воды в населенных пунктах городского типа считаются дополнительным источником питьевой воды. Пресные подземные воды в изобилии присутствуют во многих гидрогеологических формациях Якутии, а

также в подледных, межмерзлотных и подмерзлотных водоносных горизонтах и комплексах, как описано В.В. Шепелевым и др. (2016).



**Рисунок 5.1.3** – Заготовка питьевого льда местным населением (фото Л. Ушницкой, 2023)

На территории Центральной Якутии общие потенциальные ресурсы пресных подземных вод Якутского артезианского бассейна составляют 25,76 млн кубометров в сутки. (Состояние..., 2016). Из них воды, залегающие в толще вечной мерзлоты в субаэральных таликах на средневысотных надпойменных террасах рек Лена и Вилюй, потенциально могут использоваться для питьевого водоснабжения. Талик — это участок талой или нетающей горной породы с гравитационной водой, расположенный между слоями вечной мерзлоты (Романовский, 1983).

На правобережной Бестяхской террасе реки Лена, в Центральной Якутии, разведаны источники межмерзлотных вод, залегающих в толще вечной мерзлоты (Шепелев, 1987; Балобаев и др., 2003). Общий объем добычи подземных вод в этом районе не превышает 8,5-9,0 тыс. кубометров в сутки. Объем добычи подземных вод по всему региону незначителен. На территории исследуемого района водоснабжение населенных пунктов осуществляется за счет подземных вод в трех районах. Эти запасы используются в Мегино-Кангаласском, Намском и Таттинском районах, на долю которых приходится всего 0,77% от общего объема добычи в РС (Я) (Чистая вода, 2010).

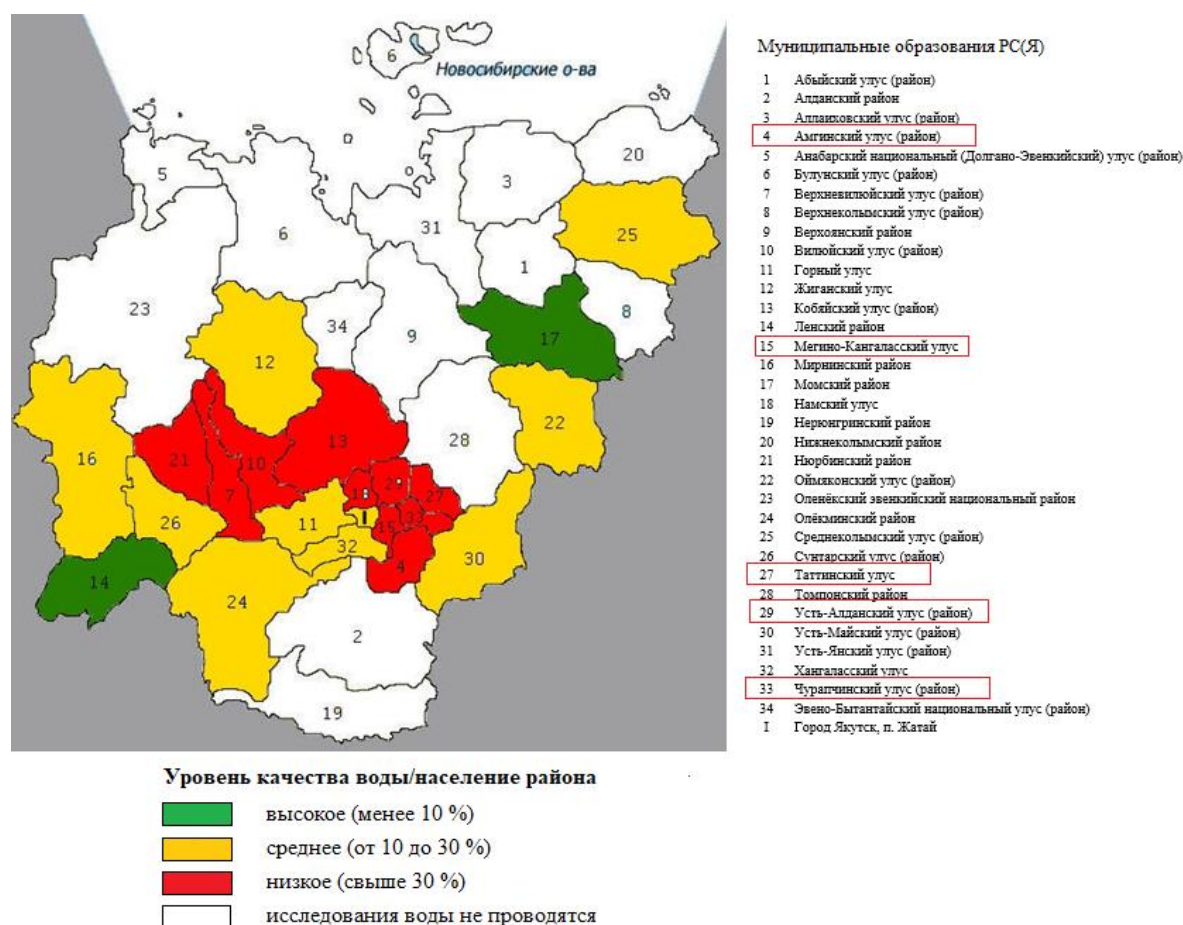
Запасы пресных подземных вод в залежах межмерзлотных в субаэральных таликах оцениваются более чем в 40 тысяч кубометров в сутки, что может полностью удовлетворить потребности населения в питьевой воде в Мегино-Кангаласском и Хангаласском районах РС (Я). В настоящее время используется только 0,2% этих ресурсов подземных вод (Шепелев и др., 2016).

Подозёрные воды в таликовой зоне, благодаря тепловому режиму от рек и озёр, обычно не замерзают зимой и имеют постоянный сток. Эти воды имеют достаточно низкие температуры (от 0,5 до 5 градусов по Цельсию) и используются для водоснабжения. Например, жители села Майя Мегино-Кангаласского района в качестве питьевой воды используют воду из таликовой зоны озера Майя (одноименного озера, L69).

Общий уровень обеспечения чистой водой, рассчитанный на основе отношения численности населения района (города) к качеству очистки воды, показан на рисунке 5.1.4 (Проект..., 2010).

В этом исследовании предполагалось, что в районах, где исследования не проводились, вода подается из подземных источников, и предполагается, что качество воды находится на высоком и среднем уровнях на основе вышеуказанных показателей.

В целом, центральные районы республики находятся в наихудшем состоянии с точки зрения качества воды (по общим показателям относятся к красной зоне, т.е. уровень качества воды относится к «низкой»). (таблица 5.1.4). Значительная часть (75%) населения в этих районах употребляет воду среднего (желтого) и низкого (красного) качества.



**Рисунок 5.1.4** – Схематическая карта уровней качества воды в регионах РС (Я) с районами исследований, отмеченными в перечне муниципальных образований красным цветом.

**Таблица 5.1.4** – Классификация уровня качества питьевой воды относительно численности населения (Чистая вода..., 2010)

Уровень качества воды /численность населения района	Высокая	Средняя	Низкая
	от 30 тыс. чел.	10 тыс. – 30 тыс. чел.	до 10 тыс. чел.
Высокое (менее 10 %)			
Среднее (от 10 до 30 %)			
Низкое (свыше 30 %)			
Исследования воды не проводятся			



Несмотря на значительные запасы пресной воды в РС (Я), население по-прежнему испытывает нехватку чистой питьевой воды в достаточных количествах.

Количество случаев заболеваний органов пищеварения в республике постепенно растет. Кроме того, значения этого показателя превышают федеральный уровень и имеют тенденцию к росту до 2 раз.

Основные причины нехватки чистой воды можно резюмировать следующим образом:

- высокий уровень загрязнения источников водоснабжения из-за деятельности человека, такой как загрязнение сточных вод промышленных предприятий и ливневых стоков, а также выпас скота вблизи озёр во время летнего и зимнего водопоя;

- отсутствие централизованных систем очистки воды в большинстве населенных пунктов. Две трети населения в сельской местности пользуются децентрализованным водоснабжением;

- неудовлетворительное техническое состояние существующих централизованных водопроводов. Как упоминалось выше, все пять районов (номера на рисунке 5.1.4 – 15, 27, 29 и 33) считаются проблемными с точки зрения качества воды, используемой местным населением.

Сельское хозяйство, с точки зрения его воздействия на окружающую среду, в современных условиях не представляет существенную угрозы. Воздействие сельского хозяйства на окружающую среду разнообразно и должно рассматриваться с двух точек зрения: долгосрочные последствия, которые представляют собой "накопленные" изменения в природной среде, такие как эрозия почв, дефляция и деградация пастбищ, и существующие системы сельского хозяйства и животноводства, которые способствуют этим изменениям.

В то же время важно отметить, что, несмотря на временное сокращение сельскохозяйственного производства из-за повсеместного упадка методов ведения сельского хозяйства, сельское хозяйство по-прежнему является

основным фактором негативного воздействия на земельные ресурсы. Антропогенная нагрузка на земельные ресурсы продолжает возрастать, и растет риск дальнейшего развития эрозионных процессов, наводнений, деградации земель и уплотнения почвы.

Из-за нехватки финансовых ресурсов у сельхозтоваропроизводителей меры по сохранению и повышению плодородия почв не реализуются. Не соблюдается порядок проведения агротехнических, агрохимических, мелиоративных, фитосанитарных и противоэрозионных мероприятий, допускается длительное неиспользование земель. Это приводит к снижению продуктивности ценных земель.

## **5.2 Оценка качества воды магистрального водовода «Лена-Туора-Кюель»**

Скорость водообмена в озерах значительно ниже, чем в реках, что приводит к заметным различиям в их химическом составе даже при сходных климатических и геохимических условиях, характерных для рек. В отличие от рек, химический состав озёр в основном определяется морфологическими особенностями их бассейнов, а не климатическими или геохимическими факторами.

Источник питьевой воды должен обеспечивать достаточное количество воды для полного удовлетворения потребностей населения и сельского хозяйства. Хотя вода из открытых источников, предназначенная для питья, неизбежно подвергается очистке, ее первоначальное качество должно соответствовать стандартам, установленным для водоёмов, предназначенных для этой цели.

Масштабный проект по переброске воды из реки Лена по трубам большого диаметра с целью обеспечения населения республики питьевой водой начался в сложной ситуации, связанной с острым дефицитом влаги и значительным ухудшением качества воды.

С 2000 года в РС (Я) в Заречной группе улусов были проложены два крупных трубопровода: водопровод «Лена-Мюрю» и «Лена-Туора-Кюель». В данном разделе диссертации основное внимание будет уделено оценке качества воды вдоль трассы водопровода Лена-Туора-Кюель.

В сентябре 2001 года в РС (Я) произошло важнейшее событие государственного значения - завершение строительства второго этапа проекта строительства водопровода от реки Лена до села Туора-Кюель в Чурапчинском улусе. Этот амбициозный проект был направлен на переброску миллионов тонн воды из Лены в засушливые районы республики и обеспечение питьевой водой жителей трех крупных улусов: Мегино-Кангаласского, Чурапчинского и Таттинского. В рамках проекта было построено 130 километров водопровода и 26-километровый канал, что сделало его важным гидротехническим сооружением.

В рамках Федеральной целевой программы "Социальное развитие села до 2010 года", реализуемой Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, автор лично внес свой вклад в оценку текущего состояния и использования водных объектов (включая водохранилища и озера), расположенных вдоль водного пути Лена-Туора-Кюель в 2004 году.

Согласно технико-экономическому обоснованию проекта орошения и водоснабжения в группе поселков Заречная, централизованное водоснабжение предусмотрено для 30 поселков и 18-летних лагерей в Мегино-Кангаласском, Чурапчинском и Таттинском районах с общей численностью населения 57 465 человек. В качестве источника воды используется река Лена. Основной водозабор для магистрального трубопровода расположен выше по течению от села Нижний Бестях (рисунок 5.2.1). Плавающая напорная насосная станция подает воду с начальным расходом 1,8 кубометра в секунду (20 миллионов кубометров в сутки) в течение 120 дней сезонной перекачки на расстояние 128 километров. Расход воды из Лены составляет менее 10% от минимального среднего стока реки.



**Рисунок 5.2.1** – Местоположение головного водозабора водовода Лена – Туора-Кюель на реке Лена (Фото автора, 2004 г.)

Водный маршрут Лена-Туора-Кюель проходит через несколько населенных пунктов, включая Нижний Бестях, Майя, Чюйя, Табага и Бютейдах, а также главный пункт назначения - Туора-Кюель. По пути есть насосные станции на промежуточных водохранилищах, таких как Диринг, Мундулаах, Тэппэ. Вода также подается с Куолларинской насосной станции в реку Суола, которая обеспечивает водой населенные пункты по пути. Наконец, вода самотеком течет из Туора-Кюель в реку Татта, обеспечивая водой все населенные пункты на своем пути (рисунок 5.2.2; рисунок 5.2.3).



**Рисунок 5.2.2** – Подводящий трубопровод магистрального водовода Лена – Туора-Кюель (Фото автора, 2004 г.)

Рассматриваемый район характеризуется широким развитием поверхностных водных объектов - термокарстовых озёр, которые сообщаются друг с другом в периоды половодья и интенсивных осадков. В результате перекрытие естественных коммуникационных систем трубопроводом, обеспечивающим подачу воды между озерами и реками, может привести к резким изменениям направления водного потока ниже точки перекрытия, что сопровождается высыханием пастбищ и сенокосов и затоплением пастбищ и сенокосных полей выше точки перекрытия. Поэтому основной упор в проектной документации по природоохранным мероприятиям был сделан на сохранение прежнего гидрологического режима в исследуемой зоне путем строительства мостов через постоянные водные пути.



Рисунок 5.2.3 – Схема магистрального водовода Лена – Туора-Кюель

Кроме того, одной из наиболее значимых мер по защите водных источников от загрязнения является создание санитарно-защитной зоны вдоль водного пути.

В рамках этого проекта автор обследовал 12 водоёмов: реку Лена (правый берег у села Хаптагай), озёра-водохранилища (Мундулаах, Тэппэ, Табага, Верхний Бютейдях, Кэтит-Кюель, Лампа и Моголлоу) и озёра (Юрюнг-Кюель, Дирин, Чычаас и Чурапча) (Пестрякова и др., 2005).

Минерализация воды в обследованных местах, включая реку Лена, водохранилища и озёра, составляла от 84 до 730 мг/л. В зависимости от типа воды большинство исследованных водоёмов относятся к гидрокарбонатно-магниевой и гидрокарбонатно-натриевой категориям. К категории гидрокарбонатно-кальциевых относятся воды в Мундулаах и Тэппэ. Среди основных катионов в воде из обследованных водоёмов стоит отметить магний, концентрация которого сильно варьировалась с постепенным увеличением по ходу водного пути. Кроме того, начиная с водохранилища Табага, а затем и повсеместно, наблюдалось превышение норм ПДК (до двух раз).

Жесткость поверхностных вод в описываемом районе варьируется от "очень мягкой" (1,32 °Ж), что характерно для воды реки Лена, до "жесткой", значение которой в Юрюнг-Кюель составляет 7,16 °Ж (рисунок 5.2.4). Из диаграммы видно, что воды исследуемых водоёмов плавно переходят по жесткости от очень мягкой группы к умеренно жесткой, с постепенным переходом к более жесткой группе.

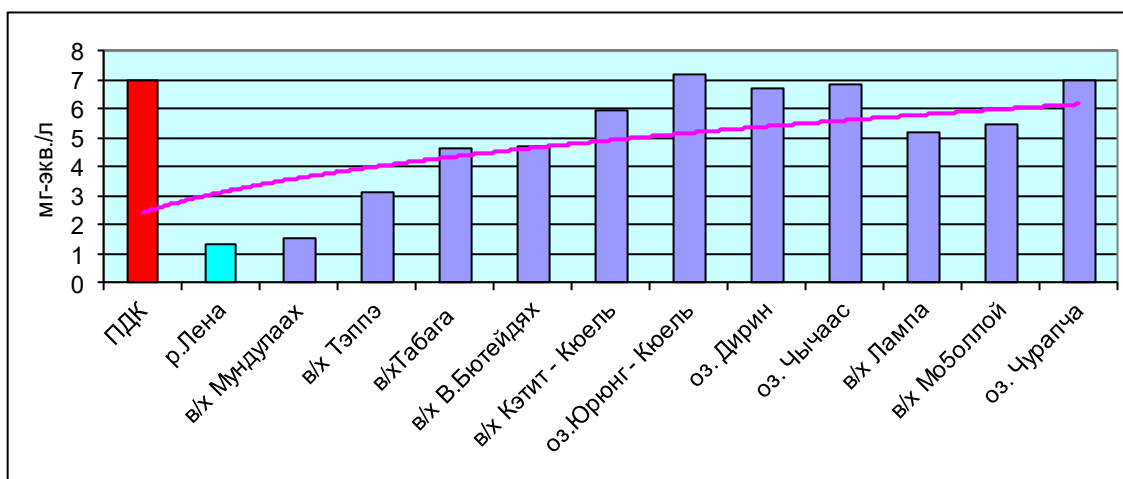


Рисунок 5.2.4 – Значение общей жёсткости воды обследованных водоёмов, 2004

Значение рН в отобранных резервуарах незначительно колеблется в пределах от 7,3 до 8,2, что указывает на слабощелочную реакцию среды. Хотя отклонений от предельно допустимых концентраций для питьевого использования и рыболовства (ПДК) не было, наблюдалось незначительное повышение рН по сравнению с Ленской водой в сторону щелочности.

Из биогенных элементов концентрация фосфатов в воде исследуемых водоёмов колеблется от 0,01 до 0,34 мг/л при ПДК 0,2 мг/л. Для этой категории водопользования вода из 3 озёр (Табага, Кэтит-Кюель и Юрюнг-Кюель) не соответствует требуемым нормам (до 2 ПДК).

Общее содержание железа в воде колеблется от 0,05 до 0,38 мг/л, что указывает на превышение предельно допустимой концентрации во всех пробах, за исключением воды из реки Лена и водохранилища Тэппэ (рисунок 5.2.5).

Концентрация нитритов в исследованных озерах значительно варьируется и составляет от 0,018 до 0,6 мг/л. Превышения норм предельно допустимой концентрации (ПДК<sub>в.р</sub>) были отмечены в водах таких озер-водохранилищ, как Тэппэ, Табага, Моголлой и Чурапча.

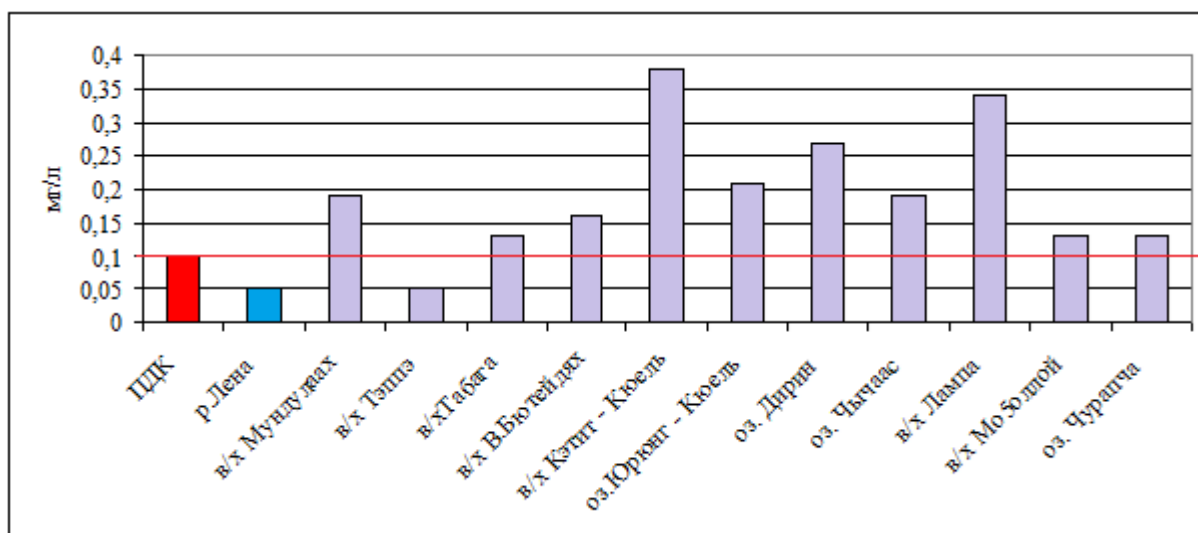
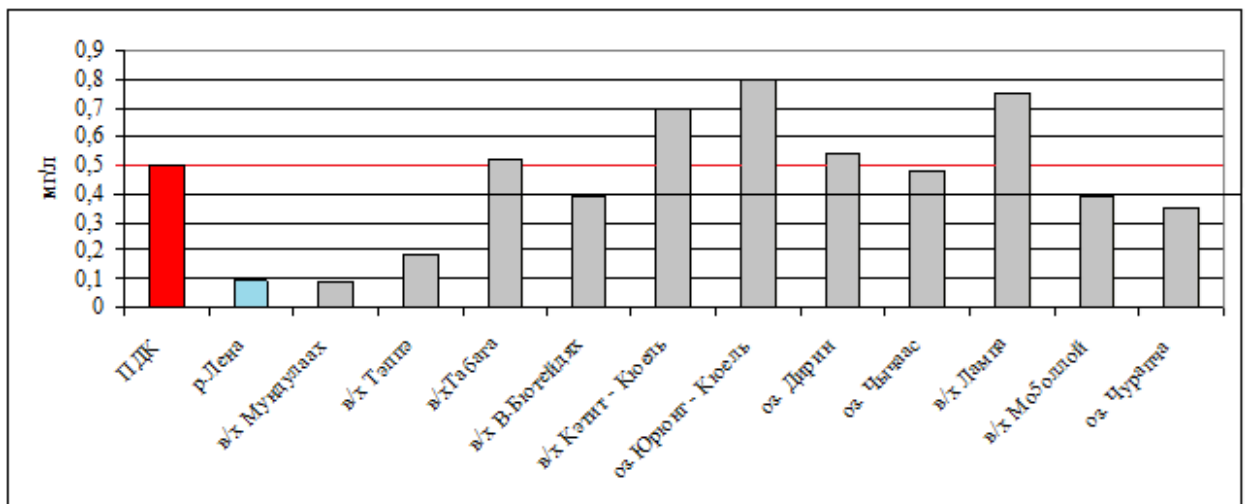


Рисунок 5.2.5 – Содержание общего железа в воде водоёмов Лена-Туора-Кюель

Повышенный уровень нитритов указывает на усиление разложения органических веществ в условиях медленного окисления  $\text{NO}_2^-$  в  $\text{NO}_3^-$ . Это свидетельствует о загрязнении водоема. С другой стороны, отсутствие нитрит-ионов может быть объяснено присутствием низких концентраций азотной кислоты ( $\text{HNO}_2$ ), которая не диссоциировала на ионы. Естественным источником аммонийного азота ( $\text{NH}_4^+$ ) являются выделения гидробионтов, и его повышенный уровень связан с минерализацией органического вещества в отсутствие его потребления фитопланктоном.

Концентрация аммонийного азота в водохранилищах колеблется от 0,085 мг/л (в Мундулаах) до 0,75 мг/л (в Лампе) при ПДК 0,39 мг/л, как показано на рисунке 5.2.6.



**Рисунок 5.2.6** – Содержание аммонийного азота в воде водоёмов Лена-Туора-Кюель

Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта и процесс загрязнения поверхностных вод, в первую очередь вызванный бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

В таблице 5.2.1 приведена классификация водоёмов в зависимости от содержания аммонийного азота в воде и степени загрязнения.



**Таблица 5.2.1** – Содержание аммонийного азота в водоёмах с различной степенью загрязнённости

Степень загрязнения (классы водоёмов)	Аммонийный азот, мг/дм <sup>3</sup>	Водоёмы
Очень чистые	0,05	-
Чистые	0,1	Лена, Мундулаах, Тэппэ
Умеренно загрязнённые	0,2-0,3	В. Бютейдях
Загрязнённые	0,4-1,0	Табага, Кэтит-Кюель, Юрюнг-Кюель, Дирин, Чычаас, Лампа, Моголлоу, Чурапча
Грязные	1,1-3,0	-
Очень грязные	>3,0	-

Оказалось, что большинство водоёмов относятся к категории "загрязнённых" (67%), а в тех водохранилищах, куда вода поступает по трубам, качество воды классифицируется как "чистое". Однако в Бютейдяхском водохранилище вода "умеренно загрязнена". Это говорит о том, что озёра-водохранилища, куда вода поступает естественным путем под действием силы тяжести, являются наиболее загрязнёнными. Вода в этих озёрах смывает загрязнения с территорий, загрязнённых бытовыми сточными водами и твердыми отходами из близлежащих населённых пунктов.

Согласно полученным результатам, наибольший набор аномальных концентраций микроэлементов был обнаружен в водах большинства озёр. В то же время качество воды в большинстве исследованных озёр было ограничено следующими показателями:

- общие требования: общая жесткость до 1,02 ПДК (предельно допустимая концентрация), магний до 1,7 ПДК;
- санитарные и токсикологические требования: фосфаты до 1,7 ПДК, кремний до 2,6 ПДК
- токсикологические требования: содержание общего железа до 3,8 ПДК, аммонийного азота до 2 ПДК и нитритов до 7,5 ПДК.

Исходя из приведенных выше данных, можно сделать вывод, что качество воды в большинстве исследованных озер не соответствует нормам ПДК по нескольким предельным показателям. К ним относятся:

- группа по управлению рыболовством: содержание фенолов превышает ПДК в 9,6 раз;
- токсикологическая группа: аммонийный азот и железо в 10 раз превышают ПДК;
- санитарно-токсикологическая группа: нитриты в 50 раз превышают ПДК и фосфаты в 1,8 раза превышают ПДК;
- общая санитарная группа: рН в 1,1 раза превышает ПДК, и общая жесткость в 1,3 раза превышает ПДК.

После ввода в эксплуатацию магистрального водопровода Лена-Туора-Кюель в 2002, 2004, 2010 и 2017 годах при участии автора были проведены мониторинговые исследования некоторых озер в Чурапчинском улусе (Кэтит-Кюель, Юрюнг-Кюель, Дирин, Чычаас и Лампа) (таблица 5.2.2).

**Таблица 5.2.2** – Некоторые данные о физико-химическом составе поверхностных вод водохранилищ Лена-Туора-Кюель в Чурапчинском улусе (составлены автором)

Название озера, населенного пункта	Год исследования	Прозрачность воды, м	Активная реакция (рН)	Общая жесткость (°Ж)	Минерализация, мг/л	Электропроводность, мкСм/см	Ионы кальция (мг/л)	Ионы магния (мг/л)	Сумма натрия и калия (мг/л)	Гидрокарбонаты (мг/л)	Ионы сульфата (мг/л)	Ионы хлора (мг/л)
Кэтит Кюель (L09), с. Туора-Кюель	1978	0,3	7,4	4,03	235,5	362	26,1	33	32,3	258,6	0	1,96
	2002	0,3	7,4	4,03	398,1	612,4	26,1	32,9	32,4	258,6	0	2,0
	2004	0,2	9,1	5,92	632,2	972,6	40,9	47,1	57,3	442,3	11,4	25,52
	2010	0,15	7,37	11,58	1100,7	1693,4	101,1	79,4	67,1	829,6	9	14,1
	2017	0,49	7,91	6,32	245,1	377	47,7	45,2	31,7	114,2	6,4	4,67
Юрюнг-Кюель (L237), с. Юрюнг-Кюель	1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2002	0,3	8,1	5,72	577,6	888,6	36	47	51,6	363	63,2	12,8
	2004	0,3	7,9	7,16	667,3	1026,6	-	-	-	-	-	-
	2010	0,2	7,33	17,38	1767,7	2719,5	129,4	132,6	136,6	1308,5	2	58,2
	2017	0,25	8,61	6,45	315,9	486	37,72	55,51	52,91	278,03	20,07	12,36
Дирин (L34), с. Диринг	1978	0,8	8,1	4,51	277,6	427	22,1	41,6	10,5	320,6	0	6,29
	2002	0,45	9,48	4,48	693,73	1067,3	16	44,1	118,3	445,3	46	46
	2004	0,5	7,22	3,4	451,2	694,1	1	2,4	93	206,9	5,14	9,4
	2010	0,3	7,85	8,5	908,8	1398,1	42,2	77,7	80,3	677,1	6,5	24,6

Продолжение таблицы 5.2.2

	2017	0,51	8,95	10,47	479,1	737	38,28	104	92,29	187,57	13,15	29,64
Чычаас (L238), с. Дириг	1978	0,5	8,4	3,78	247,1	380	14,7	37	34,2	300,6	2	6,53
	2002	0,25	9,63	6,04	639,8	984,3	13,6	64,3	66,69	427	42,8	42,8
	2004	0,5	8,4	3,78	396,1	609,3	14,7	37	34,2	300,6	2	6,5
	2010	0,4	8,01	14,09	1484,6	2283,9	65,8	131,3	128,8	1116,3	6,51	35,4
	2017	0,53	7,26	8,07	497,9	766	25,72	82,48	74,83	133,91	30,08	13,13
Лампа (L115), с. Дириг	1978	0,8	7,6	3,1	157,8	243	22,65	27,4	11,03	203,3	0	2,61
	2002	0,8	7,6	2,96	359,7	553,4	14,1	27,4	11	203,3	2	2,6
	2004	0,5	8,4	3,24	499,1	767,8	31,2	20,56	44,7	301,3	2	2
	2010	0,5	8,87	4,82	516,6	794,7	31,3	39,6	39,8	384,3	2	14,9
	2017	0,36	9,05	10,33	499,2	768	36,64	92,54	86,06	172,14	29,17	10,82

Следует отметить, что по сравнению с 2002 годом в 2017 году произошло значительное увеличение минерализации озерных вод – с 1,3 (Дириг) до 3,1 (Юрюнг-Кюель). Судя по данным мониторинга, антропогенное воздействие на изменение минерализации и содержания основных химических компонентов озерной воды в водохранилищах Лено-Амгинского междуречья является наиболее заметным.

### **5.3 Основные проблемы использования и загрязнения озёр, основанные на комплексной оценке состояния их экосистем**

Идея обводнения территории Лено-Амгинского междуречья, включая бассейны озёр, давно "зрела" в планах местного населения. Чтобы накапливать и использовать талую воду, многие земляные и даже временные плотины были построены на небольших реках, в долинах и впадинах междуречья без каких-либо конкретных проектов. Например, в бассейне реки Татта в разное время было построено шесть не инженерных мелиоративных сооружений, в том числе сорок одно в Таттинском районе и девятнадцать в Чурапчинском районе. Когда-то эти сооружения использовались эффективно, но со временем даже самые крупные бревенчатые плотины начали выходить из строя и разрушались в годы половодья. Наиболее удачные сооружения

неоднократно реконструировались местными жителями. Например, плотина, построенная в урочище Арылах в Хаяхсытском наслеге Чурапчинского района в 1946–1947 годах, была реконструирована в 1967 году, а плотина на реке Хонда, построенная в 1938–1940 годах для подачи воды в озеро, также была реконструирована в 1983 году. Плотина Алас-Эбе, расположенная в 1,8 километрах к югу от фермы Юрях-Кюёре была укреплена в период с 1967 по 1976 год. Это лишь несколько примеров из множества аналогичных проектов, которые были осуществлены во всех пяти районах.

В последние годы из-за увеличения численности населения и его концентрации, а также широкого использования тяжелых транспортных средств и сельскохозяйственной техники вырубка лесов привела к строительству дорожных насыпей, которые блокируют наземный и поверхностный сток, что приводит к прогрессирующей дестабилизации и ухудшению качества стока и влажности на территориях.

Следует отметить, что строительство водовода Лена-Туора-Кюель включено в перечень общегосударственных целевых программ и находится на контроле Правительства Республики Саха (Якутия). Отличительной особенностью этих программ является их направленность как на экономические, так и на социальные аспекты. Их реализация направлена на укрепление экономических позиций республики, создание условий для развития рыночных отношений и содействие структурной перестройке региональной экономики.

Основными причинами неудовлетворительной ситуации с питьевой водой в республике являются:

- антропогенное воздействие на окружающую среду, приводящее к эвтрофикации водоёмов;
- отсутствие или неудовлетворительное состояние санитарно-защитных зон вокруг источников водоснабжения;
- отсутствие водоочистных сооружений, особенно в сельской местности республики;

- использование устаревших технологических решений для очистки воды, что особенно проблематично в условиях ухудшающегося качества воды;
- нарушение системы стока озера из-за засорения акватории водной растительностью и бытовыми отходами;
- отсутствие централизованных систем водоснабжения в сельской местности и отсутствие альтернативных или резервных источников.

Однако проблема антропогенной эвтрофикации водоёмов, возникшая в середине 1920-х годов и быстро ставшая одной из наиболее значимых в современной лимнологии, остается сложной.

В настоящее время проводится множество исследований, направленных на изучение количественной взаимосвязи между биогенной нагрузкой на водоёмы и их трофическим статусом. Эти количественные оценки предоставляют возможности для прогнозирования начала и прогрессирования процессов эвтрофикации. Прогнозирование этих процессов неразрывно связано с пониманием интенсивности и характера экономической и культурной деятельности человека.

Разработка новых систем, направленных на снижение роли человеческой деятельности в возникновении эвтрофикации, является важнейшей задачей в борьбе с загрязнением окружающей среды. Эта задача становится еще более актуальной в криолитозоне, где загрязняющие вещества имеют более длительный период "биогеохимического покоя" (7–9 месяцев) из-за низкой способности к самоочищению в зимний период.

Для решения этой проблемы необходимо создать сеть мониторинговых исследований по оценке качества природных источников воды, широко используемых общественностью, и повышения эффективности государственного контроля за устойчивым использованием и охраной озер.

Вековая мудрость и практические знания якутов в Якутии проявляются в том, что они используют чистую ледяную воду для своих нужд в питьевой воде. Этот традиционный метод сбора воды следует пропагандировать и

интегрировать в современные системы управления водными ресурсами (Жирков, 2014).

В последние годы практика сбора "чистой воды" для розлива по бутылкам получила широкое распространение в РС (Я). По данным 2ГИС, продажей бутилированной воды в Якутске занимаются более 200 компаний. В других районах трудно точно оценить объём рынка, поскольку производственные мощности часто регистрируются как индивидуальные предприятия и имеют коды ОКВЭД, которые не всегда могут соответствовать действительности (Григорьев, Ноговицын, 2017). Тем временем продолжают выявляться незаконные предприятия по производству бутилированной питьевой воды, не соответствующей санитарным нормам. Как правило, подземные воды используются для производства бутилированной воды, а разведка и добыча источников подземных вод требуют времени и разрешения.

По данным В. А. Григорьева и Р. Р. Ноговицына (2017), ориентировочная стоимость создания цеха по производству бутилированной питьевой воды составляет около 9 млн руб. Время, необходимое для этого процесса, может занять до одного года.

Таким образом, для организации заготовки "чистой воды" в виде бутилированной воды основными препятствиями являются получение лицензии и оборудования. Этот вопрос невозможно решить без поддержки правительства в предоставлении гарантий местным жителям на получение денежных ассигнований в виде субсидий для осуществления этого социально полезного и прибыльного вида деятельности.

#### **5.4 Краткие выводы к главе 5**

На территории улусов Лено-Амгинского междуречья озёра активно используются населением для удовлетворения потребностей в питьевой воде, при этом развитое животноводство приводит к постоянному загрязнению

сельских водоёмов органическими стоками, способствуя активизации процесса эвтрофикации. По уровню качества питьевой воды все улусы, на которых расположены исследуемые в рамках настоящей диссертации озёра, относятся к районам с низким качеством питьевой воды.

Для повышения обеспеченности населения водой, с 2000 года на территории исследования, были проложены два крупных водовода «Лена-Мюрю» и «Лена-Туора-Кюель». В 2004 г. проведено изучение физико-химических параметров воды 12 водных объектов, расположенных вдоль водовода «Лена-Туора-Кюель»: реки Лена (правый берег у села Хаптагай), озёр-водохранилищ (Мундулаах, Тэппэ, Табага, Верхний Бютейдях, Кэтит-Кюель, Лампа и Моголлоу) и озёр (Юрюнг-Кюель, Дирин, Чычаас и Чурапча).

Минерализация воды обследованных объектов варьировала в диапазоне от 84 до 730 мг/л, общая жёсткость – от 1,32 до 7,16 °Ж (от очень мягкой до жёсткой), рН – от 7,3 до 8,2 (среда слабощелочная). В воде преобладали гидрокарбонаты на фоне различного сочетания главных катионов. Отмечены превышения значений ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения таких компонентов, как фосфаты (более 1 ПДК), общее железо (до 3,8 ПДК), нитриты и аммонийный азот (более 1 ПДК). Большинство водных объектов (67%) по уровню загрязнения аммонийным азотом имеют статус «загрязнённых».

После запуска магистрального водовода «Лена-Туора-Кюель» в 2002, 2004, 2010 и 2017 годах при участии автора диссертационной работы были проведены мониторинговые исследования ряда озёр, получающих воду из гидротехнического сооружения в Чурапчинском улусе (Кэтит-Кюель, Юрюнг-Кюель, Дирин, Чычаас и Лампа), свидетельствующие о значительном варьировании значений основных показателей химического состава воды (минерализации, общей жёсткости, рН и главных ионов).

Обзор состояния инженерно-технических сооружений района исследований позволил выявить их несоответствие установленным

строительным нормам и правилам, что приводит к ухудшению качества воды поверхностных водных объектов Лено-Амгинского междуречья.

В последние годы для решения проблем загрязнения водоисточников муниципальные образования начали проекты и строительство канализационно-очистных сооружений. Например, в 2025 году в с. Амга будет введена в эксплуатацию станция биологической очистки сточных вод. Местные предприниматели почти в каждом населённом пункте открыли или планируют открыть пункты розлива питьевой бутилированной воды.



## ВЫВОДЫ

Лено-Амгинское междуречье – обособленная часть Центрально-Якутской равнины, условные границы которой расположены близ рек Лена (на западе), Амга (на востоке), Алдан (на севере) и отрогов кряжа Селлякайт-Селля (на юге). Высота расположения района над уровнем моря изменяется в диапазоне от 60 до 450 м. Территория характеризуется большим разнообразием форм рельефа и ландшафтов, связанных с наличием многолетней мерзлоты сплошного распространения, развитием термокарстовых процессов и обилием малых озёр. Климат района резкоконтинентальный засушливый с высокой годовой амплитудой температур. Растительность представлена таёжными лиственничными древостоями и широко распространёнными аласными лугами. По территории района протекают такие крупные реки, как Лена, Алдан, Амга и относительно небольшие речки Татта, Тамма, Суола.

В Центральной Якутии регулярные исследования отдельных аспектов функционирования озёр осуществляются с 1940-х годов (Егоров, 1942; Ефимов, 1946 и др.). К настоящему моменту сложилось несколько условных направлений научных работ, объектом которых выступают озёра: работы по изучению абиотических параметров (Ксенофонтова, 2006, 2009; Kumke et al., 2007; Трофимова, 2007, 2011; Константинов, Николаева, 2018; Трофимова, 2020 и др.); исследования гидробионтов (Копырина, 1999; Собакина, 2013; Фролова и др., 2014; Пшенникова, 2004; Пестрякова, 2008) и комплексные геоэкологические НИР (Жирков, 1983а; 2000; 2014; Пестрякова и др., 2005, 2007; Егоров, 2023).

Исследуемые озёра Лено-Амгинского междуречья (в соответствии с региональной классификацией И.И. Жиркова) были отнесены к 4 генетическим типам (термокарстовые, эрозионно-термокарстовые, водно-эрозионные и тукулановые). Большинство котловин исследованных озёр имеют термокарстовое происхождение (41,4%). Изучение особенностей

функционирования гидротехнических сооружений и их влияния на водный режим озёр позволили автору выделить 2 новых морфогенетических типа озёр: термокарстово-антропогенные (ТеА) и эрозионно-термокарстовые озёра с антропогенным воздействием (ЕТА).

Площадь водосборного бассейна озёр в Лено-Амгинском междуречье варьирует от 0,01 до 138 км<sup>2</sup>, основная масса обследованных водоёмов (86,3%) имеет водосборный бассейн менее 5 км<sup>2</sup>. По площади зеркала преобладают «маленькие» (44%) и «малые» озёра (40%). Большинство исследованных озёр (71%) имеют «очень малую глубину». Форма котловин, определённая по показателю удлинённости, варьирует от округлой (12%) до удлинённой (69%). Преобладают озёра со слабоизрезанной береговой линией (67%).

Вода обследованных озёр характеризуется очень низкой (89 % озёр) и низкой (11 %) прозрачностью. Водородный показатель (рН) варьирует от слабокислого (5,5) до сильнощелочного (10,5) и для большинства озёр (82%) принимает нейтральные или слабощелочные значения. Минерализация варьирует в широких пределах – от 103 до 5033,3 мг/л. Большинство водоёмов обладают пресной (36,1%) и повышенно-минерализованной (40,5%), «мягкой» (57,6%) и «средне жёсткой» (32,7%) водой с преобладанием в ионном составе гидрокарбонатов (98 % озёр) и различными сочетаниями главных катионов, среди которых наиболее часто доминирует натрий (в 44,9 % случаев). Ряд показателей химического состава воды, в том числе общая минерализация (20,5 % озёр) и рН (18%) имеют отклонения от нормативов качества воды хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения.

По значениям физико-химических параметров воды и морфометрических характеристик озёра Лено-Амгинского междуречья в ходе процедур иерархического кластерного анализа были подразделены на несколько условных групп (кластеров), объединяющих схожие водоёмы. Среди всей выборки озёр установлены водные объекты, которые не

объединены в кластеры схожих водоёмов или выделяются в таких группах, что объясняется повышенными значениями отдельных исследуемых характеристик и служит основанием для отнесения таких водных объектов к условной категории «уникальные озёра». К таким озёрам относятся Мюрю (L205), Усун-Кюель (L109), Огус-Харага (L155), Тыымпы-Баса (L161) и Чонтохой (L222).

В ходе корреляционного анализа установлено, что озёра в Лено-Амгинском междуречье с большей площадью водосбора обычно имеют более развитую береговую линию, крупные размеры и сложные формы водного зеркала. Изменения местоположения озёр, особенно их географической широты, сопровождаются значительными изменениями в химическом составе воды. С увеличением широты расположения водно-эрозионных и эрозионно-термокарстовых озёр наблюдается повышение общей минерализации, концентрации натрия, калия и хлоридов, а также снижение содержания кальция.

По мере продвижения на север в пределах Лено-Амгинского междуречья происходит увеличение площади зеркала, максимальной глубины и степени изрезанности термокарстово-антропогенных озёр. Одновременно с этим наблюдается снижение общей жёсткости, концентрации кальция и доли сульфатов, что может быть связано с активизацией термокарстовых процессов.

После запуска в 2000 г. магистрального водовода «Лена-Туора-Кюель», направленного на улучшение водообеспеченности районов Лено-Амгинского междуречья, при участии автора диссертационной работы были проведены исследования ряда озёр и озёр-водохранилищ, получающих воду от созданного гидротехнического сооружения, свидетельствующие о значительном варьировании значений основных показателей химического состава воды по годам (минерализации, общей жёсткости, рН и главных ионов). Установлены превышения значений ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения таких компонентов, как фосфаты (более 1

ПДК), общее железо (до 3,8 ПДК), нитриты и аммонийный азот (более 1 ПДК). Большинство водных объектов (67%) по уровню загрязнения аммонийным азотом отнесено к категории «загрязненных».

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Аласные экосистемы: структура, функционирование, динамика / Саввинов Д. Д. и др. Отв. ред. Ю. В. Ревин; Акад. наук Респ. Саха (Якутия), Ин-т приклад. экологии Севера. – Новосибирск: Наука, 2005. – 259 с.
2. Алекин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
3. Алекин, О.А. Руководство по химическому анализу вод суши / О.А. Алекин, А.Д. Семенов, Б.А. Скопинцев – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 269 с.
4. Алексеев, М. Н. Стратиграфия континентальных неогеновых и четвертичных отложений Вилюйской впадины и долины нижнего течения реки Лены / М.Н. Алексеев — Труды Геол. ин-та АН СССР, 1961. – 118 с.
5. Алексеенко, Л.Н. Об охране растительности аласов Центральной Якутии с целью повышения их продуктивности // Тезисы докладов VII делегатского съезда Всесоюзного ботанического общества / Л.Н. Алексеенко, Р.В. Десяткин – Л. : Наука, 1983. – С. 289-290.
6. Андреев, А.А. История растительности и климата Центральной Якутии в голоцене и позднеледниковье / А.А. Андреев // Озера холодных регионов. Ч.4. Вопросы палеоклиматологии и палеоэкологии – Якутск: ЯГУ, 2000. – С.15-29.
7. Андреев, А.А. История растительности и климата Центральной Якутии в позднеледниковье и голоцене / А.А. Андреев, Климанов В.А., Сулержинский Л.Д. // Ботанический журнал, 2002. - Т.87. - №7. – С. 86-98.
8. Андреев, А.А. Природные условия Центральной Якутии в поздне-последледниковье / А.А. Андреев, В.А. Климанов // История озер. Рациональное использование и охрана водоемов. Тезисы докл. – Минск, 1989. – С. 5-6.
9. Андреев, А.А. Хронология ландшафтно-климатических изменений Центральной Якутии в голоцене / А.А. Андреев, В.А. Климанов, Л.Д. Сулержицкий, Н.А Хотинский // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. – М.: Наука, 1989. – С.116-121.
10. Андреев, В. Н. Основные особенности растительного покрова Якутской АССР / В. Н. Андреев, Т. Ф. Галактионова, В. И. Перфильева, И. П. Щербаков. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. – 156 с.
11. Анисимова, Н. П. Химический состав подземных и поверхностных вод и некоторые закономерности его изменения в районе среднего течения р. Лена / Н.П. Анисимова. – Якутск: книжн. изд-во, 1959. – 120 с.

12. 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.
13. Анисимова, Н.П. Изменение химического состава озерного льда во времени / Н.П. Анисимова, Л.Г. Роговская // Озера криолитозоны Сибири. – Новосибирск: Наука, 1974. – С.128-137.
14. Анисимова, Н.П. Криогидрогеохимические особенности мерзлой зоны / Н. П. Анисимова ; отв. ред. П. И. Мельников. – Новосибирск : Наука : Сиб. отд-ние, 1981. – 153 с.
15. Анисимова, Н.П. Температура донных отложений как показатель мощности подозерных таликов / Н.П. Анисимова // VIII Всесоюзное межведомственное совещание по геокриологии. Материалы VIII Всесоюзного межведомственного совещания по геокриологии. Вып.3 Региональная геокриология. – Якутск, 1966. – С.188-197.
16. Анисимова, Н.П. Формирование химического состава подземных вод таликов (на примере Центральной Якутии) – М.: Наука, 1971. – 195 с.
17. Анисимова, Н.П. Химический состав подземных и поверхностных вод и некоторые закономерности его изменения в условиях распространения многолетнемерзлых пород [Текст] : (Район сред. течения р. Лены) : Автореферат дис., представл. на соискание учен. степени кандидата геол.-минерал. наук / Акад. наук СССР. Сев.-вост. отд-ние Ин-та мерзлотоведения им. В. А. Обручева. — Якутск : [б. и.], 1957. — 17 с.
18. Апросимова, М. Г. Абалах - уникальное лечебно-курортное озеро / М. Г. Апросимова // Познание стран мира: история, культура, достижения. – 2013. – № 2. – С. 6-9.
19. Арэ, Ф.Э. О современном высыхании озер Центральной Якутии / Ф.Э Арэ // Вопросы географии Якутии. – Вып. 6. – Якутск, 1969. – С.78-86.
20. Арэ, Ф.Э. Особенности переработки берегов термокарстовых озер Центральной Якутии / Ф.Э. Арэ, В.Т. Балобаев, Н.П. Босиков // Озера криолитозоны Сибири. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 39-53.
21. Арэ, Ф.Э. Тепловой режим мелких озер таежной зоны Восточной Сибири (на примере Центральной Якутии) / Ф.Э. Арэ // Озера криолитозоны Сибири. – Новосибирск: Наука, 1974. – С.98-116.

22. 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. – 115 с.
23. 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. – 115 с.
24. Атлас Якутской АССР [[карты]] / [редкол.: Т. Д. Сивцев (пред.) и др.]. – Москва : ГУГК, 1981. – 4 атл. (40 с.)
25. Балаценко, М. И. Транзитно-аккумуляционные особенности озер Якутии : специальность 25.00.23 "Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Балаценко Мария Ионовна. – Санкт-Петербург, 2017. – 22 с.
26. Балобаев, В.Т. Геотермия мерзлой зоны литосферы севера Азии / В.Т. Балобаев. – Новосибирск: Наука, 1991. – 192 с.
27. Балобаев, В.Т. Геотермия мерзлой зоны литосферы севера Азии. / В.Т. Балобаев. – Новосибирск: Наука, 1991. – 193 с.
28. Балобаев, В.Т. Подземные воды центральной Якутии и перспективы их использования / В.Т. Балобаев, Л.Д. Иванова, Н.М. Никитина и др. – Новосибирск: СО РАН Гео, 2003. – 135 с.
29. Балобаев, В.Т., Девяткин В.Н. Мерзлотно-геотермические условия Западной Якутии в связи с ее нефтегазоносностью / В.Т. Балобаев // Гидрогеология нефтегазоносных областей Сибирской платформы. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1982. - С. 18-28.
30. Босиков, Н. П. Эволюция аласов Центральной Якутии [Текст] / Н.П. Босиков – Якутск, 1991. – 127 с.
31. Босиков, Н.П. Динамика уровней и развития аласных озер Центральной Якутии / Н.П. Босиков // Изв. ВГО. – 1977. – Т.109, вып. 4. – С. 357-361.
32. Босиков, Н.П. Интенсивность разрушения пашен на межаласных ландшафтах / Н.П. Босиков // География и природные ресурсы. – 1989. – № 4. – С. 83–86.
33. Босиков, Н.П. Стратиграфия донных отложений аласных озёр Центральной Якутии / Н.П. Босиков // Сапрпель в сельском хозяйстве. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1983. – С. 3-12.
34. Босиков, Н.П. Эволюция аласов Центральной Якутии / Н.П. Босиков – Якутск: ИМЗ СО РАН, 1991. – 128 с.

35. Босиков, Н.П. Эволюция понятия “Алас” в мерзлотоведении / Н.П. Босиков // Вопросы географии Якутии. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 1993. – Вып.7. – С. 71-81.
36. Брюханов, И. М. О химическом составе воды буровой скважины озера Абалах / И.М. Брюханов // Научные сообщения. – Якутск: Кн. изд-во, 1960 б. – Вып. 3. – С. 91-93.
37. Бысыина, М. Ф. Экологическая структура флоры термокарстовых аласов Центральной Якутии / М. Ф. Бысыина, Е. И. Троева // Естественные и технические науки. – 2008. – № 6 (38). – С. 55-57.
38. Васильева, И.И. Сезонные изменения численности и биомассы водорослей некоторых аласных озер Лено-Амгинского междуречья / И.И. Васильева, Пшенникова Е.В. // Тез. докл. науч.-прак. конф.: Экология растительного мира Якутии. – Якутск, 1992. – С. 9-10.
39. Вельмина, Н. А. К вопросу о происхождении замкнутых (аласных) впадин Центральной Якутии / Н.А. Вельмина // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1957. – №2. – С. 97-105.
40. Веселовский, Н.В. Гидрохимическая характеристика поверхностных вод / Н.В. Веселовский, В.М. Иваник, Р.Д. Соколова // Ресурсы поверхностных вод СССР. Лено-Индибирский район – Т 17 – Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. – С. 380-435.
41. Винокурова Р.Е. Целебное озеро Абалах. – Якутск, 2012.
42. Витвицкий, Г. Н. Климат / Г.Н. Витвицкий. – Якутия М., 1965. С. 115-138.
43. Власов, Б. П. Природно-хозяйственная классификация озер Беларуси / Б. П. Власов // 2001. – С. 314-332.
44. Воробьев, Г.А. Ландшафтная типология малых озер и возможности их хозяйственного использования [Текст] : (На примере зап. части Вологод. обл.) : Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата географических наук. (11.00.01) / Ленингр. гос. пед. ин-т им. А. И. Герцена. - Ленинград : [б. и.], 1974. - 15 с.
45. Вредные химические вещества. Неорганические соединения I-IV групп: справ. изд. / Под ред. В.А. Филова. — Л.: Химия, 1988. — 432 с.
46. Втюрина, Е. А. Бугры пучения. — Гляциологический словарь / Е.А. Втюрина; отв. ред. В. М. Котляков. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — С. 57.
47. Гаврилова, М. К. Климат Центральной Якутии / М. К. Гаврилова ; [отв. ред., предисл. д-р геогр. наук Н. А. Граве] ; Акад. наук СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т мерзлотоведения. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Якутск : Якутское книжное издательство, 1973. - 119 с.
48. Гаврилова, М.К. Изменения климата в районах «вечной мерзлоты» на протяжении XX века в России. Влияние климатических и экологических изменений на



мерзлотные экосистемы / М.К. Гаврилова // Труды Третьей Междунар. конф. «Роль мерзлот. экосистем в глобальном изменении климата» (Якутск, 27–31 авг. 2006 г.). – Якутск, 2007, С. 9-15.

49. Гаврилова, М.К. Микроклимат озер Центральной Якутии / М.К. Гаврилова, П.П. Попов // Озера криолитозоны Сибири. – Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1974. – С. 67-82.

50. Гаврилова, М.К. Микроклиматический и тепловой режим озера Тюнгиюлю / М.К. Гаврилова // Вопросы географии Якутии. Якутск: Якуткнигоиздат, 1969. – №5. – С. 57-72

51. Гаврилова, М.К. Тепловой баланс озер Центральной Якутии / М.К. Гаврилова // Озера криолитозоны Сибири. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 88-98.

52. Гаврилова, М.К., Микроклимат озер Центральной Якутии / М.К. Гаврилова, П.П. Попов // Озера криолитозоны Сибири. – Новосибирск, 1974. – С. 67-82.

53. Гаврильев, К.Д. Микроэлементы в илах и сапропелях озёр Центральной Якутии / К.Д. Гаврильев, А.И. Дмитриев, К.П. Иванов и др. // Сапропель в сельском хозяйстве. – Якутск, 1983. – С. 12-30.

54. Галанин, А. А. Позднечетвертичные песчаные покровы Центральной Якутии (Восточная Сибирь): строение, фациальный состав и палеоэкологическое значение / А.А. Галанин // Криосфера Земли. – 2021. – Т. 25, № 1. – С. 3-34. – DOI 10.15372/KZ20210101.

55. Галанин, А. А. Эоловый рельеф Центральной Якутии / А. А. Галанин // VIII Щукинские чтения: рельеф и природопользование: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 28 сентября – 01 2020 года. – Москва: Географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 2020. – С. 159-163. – EDN TRVJUD.

56. Геокриологическая карта Союза ССР: [Карты] : Схематическая, обзорная / сост. по материалам Ин-та мерзлотоведения АН СССР и ведомственных организаций; сост. И. Я. Баранов. – 1:10 000 000, 100 км в 1 см. - Москва, 1960. – 47 с.

57. Гидрогеология СССР – Москва : Недра, 1970. - 27 см. Т. 42. Приложения. Коми АССР и Ненецкий национальный округ Архангельской области РСФСР [Карты]. – 1970. – 5 отд. л. карт.; 27 см.

58. Гидрографическое районирование территории Российской Федерации / Федеральное агентство водных ресурсов, Росводресурсы ; [С. Е. Беднарк (рук.) и др.]. – Москва : НИА-Природа, 2008 – 541 с.

59. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. — М.: СоЭС, Методический центр «Эколайн», 2000. — 343 с.

60. Глушков, А. В. 100 рек Якутии / А.В. Глушков // Путеводитель-справочник. – Якутск: Якутский научный центр СО РАН, МГП «Полиграфист», 1996. – 368 с.
61. Гоголева, П.А. Синтаксономия и симфитосоциология растительности аласов Центральной Якутии / П.А. Гоголева, К.Е. Кононов, Б.М. Миркин, С.И. Миронова. – Иркутск: Иркут. Ун-т, 1987. – 176 с.
62. Гоголева, П.А. Синтаксономия и симфитосоциология растительности аласов Центральной Якутии / П. А. Гоголева, К. Е. Кононов, Б. М. Миркин, С. И. Миронова ; научный редактор Г. С. Розенберг. - Иркутск : Издательство Иркутского университета, 1987. - 176 с.
63. Городничев, Р. М. Взаимосвязи диатомовых водорослей с морфометрическими, гидрохимическими характеристиками и параметрами местоположения озер Севера Якутии / Р. М. Городничев, Л. А. Пестрякова, И. В. Ядрихинский // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2015. – № 6(50). – С. 14-26
64. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – Введ. 2014-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 36 с.
65. ГОСТ 31954-2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости. Введ. 01.01.2014 – М.: Изд-во ФГУП Стандартиформ, 2018. – 12 с.
66. ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 ноября 2014 г. N 1535-ст). Введ. 01.01.2016 – М.: Изд-во ФГУП Стандартиформ, 2019. – 19 с.
67. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) ... / Правительство Республики Саха (Якутия), Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия). – Якутск : Бичик, 2003.
68. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среде Республики Саха (Якутия) .../Правительство Респ. Саха (Якутия), М-во охраны природы Респ. Саха (Якутия). – Якутск, 2009.
69. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) в 2016 году / Правительство Респ. Саха (Якутия), М-во охраны природы Респ. Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2021/04/13/files/ГД%202016.pdf> (Дата обращения: 15.08.2024).
70. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды РС(Я) за 2016 год

71. Граве, Н.А. Ископаемые льды водоразделов рек Лены и Алдана / Н.А. Граве // Тр. Ин-та мерзлотоведения. Л.: Изд-во АН СССР, 1944. Т. IV. С. 10-32.
72. Григорьев, В. А. Проблемы обеспечения населения Республики Саха (Якутия) питьевой водой и пути решения проблемы / В. А. Григорьев, Р. Р. Ноговицын // Проблемы современной экономики. – 2017. – № 3 (63). – С. 175-178.
73. Григорьев, С. В. О некоторых определениях и показателях в озероведении / С. В. Григорьев // Труды Карельского филиала АН СССР. – 1959. – Вып. 18.
74. Григорьев, С.В. О некоторых определениях и показателях в озероведении / С.В. Григорьев // Материалы по гидрологии Карелии. – Вып.18. – Петрозаводск: Изд-во Карельск.филиала АН СССР, 1958. – С. 41–45.
75. Давыдова, П.В. Применение Региональной эколого-лимнологической классификации для паспортизации озёр Чукотки / П. В. Давыдова, С. Н. Левина, Л. А. Ушницкая [и др.] // Современные технологии. Технические и естественные науки : сборник статей международной научной конференции, Архангельск, 24 июня 2023 года. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Международный институт перспективных исследований имени Ломоносова», 2023. – С. 5-8.
76. Даувальтер, В.А. Геоэкология донных отложений озер / В.А. Даувальтер. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012. – 242 с.
77. Даувальтер, В.А. Исследование физического и химического состава донных отложений при оценке экологического состояния водоемов / В.А. Даувальтер. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006. – 84 с.
78. Даянова, Г. И. Сельскохозяйственные зоны Республики Саха (Якутия) / Г. И. Даянова // Аграрная наука - сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : Сборник научных докладов XXIV Международного научно-практического форума, посвященный 100-летию установления дипломатических отношений между Монголией и российской Федерацией, под эгидой 65-летия Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова и 300-летия РАН, Якутск, 19–20 августа 2021 года. – Якутск: Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук, 2022. – С. 125-126.
79. Даянова, Г.И. Определение потенциальной мощности пункта первичной переработки продукции животноводства (на примере бассейновых групп Арктической зоны Якутии) / Г.И. Даянова, И.К. Егорова, Л.Д. Протопопова, А.Н. Крылова и др. // Аграрная наука. 2021; 354 (11–12): 149–157.

80. Девяткин, В.Н. Результаты определения глубинного теплового потока на территории Якутии / В.Н. Девяткин // Региональные и тематические геокриологические исследования. Новосибирск: Наука, 1975 - С. 148-150.
81. Десяткин, Р. В. Нарушение водного баланса при антропогенной деградации таежно-аласных ландшафтов / Р.В. Десяткин // Сибирский экологический журнал, №3-4, 1998. – С. 269-273.
82. Десяткин, Р. В. Почвообразование в термокарстовых котловинах-аласах криолитозоны / Р. В. Десяткин. – Новосибирск, 2008. – 319 с.
83. Десяткин, Р. В. Почвообразование в термокарстовых котловинах-аласах криолитозоны : специальность 03.00.27 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Десяткин Роман Васильевич. – Улан-Удэ, 2006. – 45 с. Десяткин, Р.В. Почвы аласов Лено-Амгинского междуречья / Р.В. Десяткин – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984 – 168 с.
84. Десяткин, Р.В. Стандарты и практика природопользования / Р.В. Десяткин // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 1999. № 5-6. С. 71.
85. Дмитриев, А.И. Гидротермический режим аласных почв Лено-Амгинского междуречья: автореф. дис. . канд.биол.наук. / А.И.Дмитриев. – Улан Удэ, 1997. – 17 с.
86. Дмитриев, А.И. Особенности гидротермического режима и агрофизических свойств аласных почв / А.И. Дмитриев // Климат. Почва. Мерзлота: Комплексные исследования в районах Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение, 1991. – С. 49-54.
87. Дмитриева, А.С. Спектрографическое определение некоторых микроэлементов в донных отложениях озёр Центральной Якутии / А.С. Дмитриева, К.Д. Голдобин // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озер криолитозоны : (на примере Центральной Якутии) : межвузовский сборник / Якутский гос. ун-т ; [редкол.: Якушко О. Ф. (отв. ред.) и др.]. – Якутск : Якут. ун-т, 1983. – 108 с.
88. Драбкова, В. Г. Озеро и его водосбор единая природная система / В.Г. Драбкова, И. Н. Сорокин // Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1979. – 195с.
89. Драбкова, В.Г. Озеро и его водосбор – единая природная система / В.Г. Драбкова, И.Н. Сорокин – Л.: Наука, 1979. – 196 с.
90. Дробов, В. П. Краткий очерк растительности Ленско-Алданского плато. С 4 рис., 1 карт. и англ. резюме; Предварительный обзор микологических и фитопатологических исследований в Якутии. С англ. резюме : Отчет Алдан. отряда Якут.

экспедиции АН СССР в 1925 г. под начальством А. А. Григорьева. - Л. : АН СССР, 1927. - 85 с.: – В пер. :. – (АН СССР. Материалы Комиссии по изучению ЯАССР. Вып. 8).

91. Егоров А.Д. Воды и озера якутских аласов / А.Д. Егоров. — Якутск : Гос. изд-во ЯАССР, 1942. — 32 с.

92. Егоров, А. В. Геоэкологический мониторинг состояния озер реликтового аласа Тюнгюлю (с применением диатомового анализа) / А. В. Егоров // Аммосов-2023 : Сборник материалов общеуниверситетской научной конференции студентов и магистрантов, Якутск, 27 апреля 2023 года / Редколлегия: Н.С. Григорьева, А.И. Михайлова. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2023. – С. 837-838.

93. Егоров, А.Д. Воды и озера якутских аласов / Доц. А.Д. Егоров. — Якутск : Гос. изд-во ЯАССР, 1942. — 32 с. карт., табл.; 22 см. — (Материалы научной конференции кафедр).

94. Егоров, А.Д., Материалы по гидрохимической характеристике водоемов Центральной Якутии / А.Д. Егоров, А.Г. Немчинов // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – С. 289-302.

95. Егоров, А.И. Материалы по гидрохимической характеристике водоемов Центральной Якутии И Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии / А.И. Егоров, А.Г. Немчинов // Вып. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – С. 289-302.

96. Егорова, З.К. Режим озёр / З.К. Егорова //Ресурсы поверхностных вод СССР. Лено-Индибирский район – Т 17 – Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. – С. 366-379.

97. Еловская Л. Г., Коноровский А. К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск: Наука, 1978. – 175 с.

98. Еловская, Л.Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии / Л. Г. Еловская; АН СССР, Сиб. отд-ние, Якут. фил., Ин-т биологии. - Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1987. – 171 с

99. Еловская, Л.Г. Мерзлотные засоленные почвы Центральной Якутии / Л.Г. Еловская, А.К. Коноровский, Д.Д. Саввинов // М.: Наука, 1966. – 272 с.

100. Еловская, Л.Г. Схематическая карта засоленности почв Якутии/почвы мерзлотной области / Л.Г. Еловская, А.К. Коноровский, Л.И. Абель // Якутск, 1969. – 163 с.

101. Ефимов, А.И. Высыхание термокарстовых озер Центральной Якутии / А.И. Ефимов // Мерзлотоведение. – М., 1946. – Т.1. – Вып.2 – С. 91-94

102. Ефимов, А.И. К вопросу о развитии термокарстовых озер в Центральной Якутии [Текст] / А.И. Ефимов // Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике, выпуск 2. – Изд-во АН СССР, 1950. – С. 98-114
103. Ефимов, А.И. Мерзлотные условия центральной Якутии / А.И. Ефимов // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве центральной Якутии. Вып. I. М. 1954.
104. Ефимов, А.И. Незамерзающий пресный источник Улахан-Тарын в Центральной Якутии / А.И. Ефимов // Исследования вечной мерзлоты в Якутской республике. Вып. 3. М.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 60-105.
105. Ефимов, А.И. Некоторые особенности использования подземных вод при различных гидрогеологических условиях в южной и центральной Якутии / А.И. Ефимов // Материалы по подземным водам Восточной Сибири. Иркутск, 1957. С. 172-176.
106. Ефимов, А.И. Новые данные о взаимосвязи поверхностных и подземных вод на одном из участков мощной зоны мерзлых горных пород (Якутия) / А.И. Ефимов // Тр. Сев.-Вост. отд. Ин-та мерзлотоведения АН СССР. Вып. 1. Якутск, 1958. С. 111-124.
107. Жирков, И. И. Схема лимногенетической классификации озер Северо-Востока России / И. И. Жирков // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2014. – № 34. – С. 18-25.
108. Жирков, И.И. Гидрохимические особенности термокарстовых озер Центральной Якутии в зависимости стадии их развития / И.И. Жирков, И.М. Брюханов, Т.С. Голубцова, О.К. Корякина // Круговорот вещества и энергии в водоёмах. – Вып. 5. – Иркутск, 1981. – С. 49-50.
109. Жирков, И.И. К вопросу использования озёрных ресурсов для водоснабжения с. Чурапча Чурапчинского улуса РС(Я) / И. И. Жирков, К. И. Жирков, Т. П. Трофимова // Международный академический вестник. – 2018. – № 2(22). – С. 7-9.
110. Жирков, И.И. К ландшафтно-генетической классификации озер Центральной Якутии / И.И. Жирков // Природа и хозяйство Сибири, – 1977. С. 32-33.
111. Жирков, И.И. Краткие научно-практические выводы и рекомендации по результатам рекогносцировки ковшового водозабора Лена - Туора-Кюёль / И. И. Жирков, К. И. Жирков, Т.П. Трофимова // Биоэкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы : Материалы 6-й международной научно-практической конференции, посвящённой 105-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора В.Е. Тимофеева и 95-летию со дня рождения кандидата биологических наук, доцента А.И. Борисовой, Самара, 15 ноября 2017 года / Ответственный редактор С.И.

Павлов. – Самара: Самарский государственный социально-педагогический университет, 2017. – С. 205-208.

112. Жирков, И.И. Морфогенетическая классификация как основа рационального использования, охраны, воспроизводства природных ресурсов озёр криолитозоны (на примере Центральной Якутии) / И.И. Жирков // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озёр криолитозоны. – Якутск, 1983. – С. 4-46.

113. Жирков, И.И. О запасах и качестве сапропелевых месторождений разнотипных озёр Центральной Якутии / И.И. Жирков // Сапропель в сельском хозяйстве. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1983. – С. 58-72.

114. Жирков, И.И. О классификации озёр холодных регионов / И.И. Жирков // Озера холодных регионов. Ч.1. Вопросы теории, методики, лимногенеза, классификации и районирования. – Якутск: ЯГУ, 2000. – С.84-93.

115. Жирков, И.И. О классификации озёр холодных регионов. В кн.: Озера холодных регионов. Материалы международной конференции. Якутск, 20-24 июня 2000 года. Якутск. Часть 1. Вопросы теории, методики, лимногенеза, классификации и районирования / И.И. Жирков // Якутский государственный университет: – 2000. С. 84-93.

116. Жирков, И.И. Основные озеропользовательские проблемы Якутии / И. И. Жирков // Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в экономике, управлении проектами, педагогике, праве, культурологии, языкознании, природопользовании, биологии, зоологии, химии, политологии, психологии, медицине, философии, филологии, социологии, математике, технике, физике, информатике : Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 30–31 января 2014 года / Негосударственное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Санкт-Петербургский Институт Проектного Менеджмента». – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью "Редакционно-издательский центр "КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС", 2014. – С. 61

117. Жирков, И.И. Природные ресурсы озёр Центральной Якутии и вопросы их хозяйственного использования [Текст] / И.И. Жирков, К.Д. Гаврильев, К.П. Иванов // Развитие производительных сил Сибири и задачи ускорения НТП : сб. науч. работ. – Новосибирск, 1986.

118. Зайцев, А. А. Лена / А.А. Зайцев, Р.С. Чалов // Энциклопедия «Вода России». Дата обращения: 25 октября 2016.

119. Зольников, В. Г. За рациональное использование земель в сельском хозяйстве Центральной Якутии [Текст] / В. Г. Зольников, канд. геол.-минерал. наук ; Якут. филиал Акад. наук СССР. - Якутск : Якуткнигоиздат, 1954. - 31 с.
120. Зольников, В.Г. Почвы восточной половины Центральной Якутии, их использование / В.Г. Зольников // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. – М., 1954. – Вып. 4. – С. 55-222.
121. Зольников, В.Г. Почвы. – В кн.: Якутия. М., Наука, 1965
122. Иванов, К. П. Сапропелевые отложения озер Якутии и возможности их использования как ценное сырье / К. П. Иванов, М. В. Слепцова, Л. В. Герасимова // Science Time. – 2014. – № 8. – С. 107-110.
123. Иванов, К. П. Сапропели озер Центральной Якутии: Классификация, темпы седиментации, охрана, использование : специальность 11.00.11 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Иванов Константин Петрович. – Якутск, 1998. – 17 с.
124. Иванов, К. П. Содержание фосфора в сапропелевых отложениях озер Центральной Якутии / К. П. Иванов, М. В. Слепцова, Л. В. Герасимова // Уникальные исследования XXI века. – 2015. – № 7(7). – С. 135-138.
125. Иванов, К.П. P2O5 в озерных отложениях озер Центральной Якутии / К.П. Иванов, М.А. Герасимова // Материалы Международной конференции "Озера холодных регионов". Ч. 3. – Якутск, 2000. – С. 84-92.
126. Иванов, М.С. Криогенное строение четвертичных отложений Лено-Алданской впадины [Текст] / М.С. Иванов // АН СССР, Сибирское отд-ние, Ин-т мерзлотоведения. - Новосибирск : Наука (Сибирское отд.), 1984. – 125 с.
127. Иванов, П.В. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине / П.В. Иванов // Бюллетень ЛГУ, 1948. – С. 29-36.
128. Иванова, А.П. Биоразнообразие водорослей озер средней Лены / А.П. Иванова, Л.И. Копырина // Актуальные проблемы современной альгологии: Тез. докл. II Междун. Конф. Альгология, 1999. – Т.9. – № 2. – С.52.
129. Иванова, А.П. Структура фитопланктона озера Улахан-Сыххан (Лено-Амгинское междуречье) / А.П. Иванова // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: материалы IV Межд. научн. конф. – Томск: Изд-во ТГУ, 2010. – С.291–293.
130. Калесник, С. В. Современное состояние учения о ландшафтах / С.В. Калесник // Материалы III Съезда Географического общества Союза ССР. Л., 1959.
131. Караваев, М. Н. Растительный мир Якутии / М.Н. Караваев, С. З. Скрыбин // Якутск: Якут. Кн. изд-во, 1971. – 127 с.



132. Катасонов, Е. М. Криолитология Центральной Якутии (экскурсия по Лене и Алдану): Путеводитель / Е.М. Катасонов, М.С. Иванов // Изд-во ОУПЭС СО АН СССР, Якутск. 1973.
133. Качурин, С.П. Термокарст на территории СССР [Текст] / Акад. наук СССР. – Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1961. – 291 с.
134. Качурин, С.П. Типы вечной мерзлоты Центрального и Восточного Забайкалья / С.П. Качурин // Труды Ин-та мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР, т.8. 1950. – С. 5 – 41.
135. Кириллина, К. С. Современные тенденции изменения климата Республики Саха (Якутия) / К. С. Кириллина // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2013. – № 30. – С. 69-77.
136. Кириллов, А. Ф. Карась озер Центральной Якутии / А.Ф. Кириллов // Илин. – Якутск: НИПК «Сахаполиграфиздат», 2000. – № 3 (22). – С. 77-81.
137. Киселев, И.А. Фитопланктон озер Центральной Якутии по материалам лимносьемки 1932 г. / И.А. Киселев // Исследования озер СССР: Тр. Гос. Гидрол. ин-та. Л.: Изд-во Гос. Гидрол. ин-та, 1935. Вып. 8. – С. 51-84
138. Китаев, С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов / С. П. Китаев. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.
139. Комаренко, Л. Е. Планктон левых притоков Вилюя – рек Мархи и Тюнг / Л. Е. Комаренко // Труды Института биологии ЯФ СО АН СССР. – 1962. – № 8. – С. 136-163.
140. Комаренко, Л.Е. Гидробиологическая изученность пресных водоемов Якутии / Л.Е. Комаренко // Основные итоги биологических исследований в Якутской АССР. – Якутск, 1969. – С. 65
141. Комаренко, Л.Е. Характеристика флоры водорослей и зоопланктона водоемов бассейна среднего течения р. Лена / Л.Е. Комаренко // Тр. Ин-та биологии Якутск. фил. Сиб. отд. АН СССР. – 1956. Вып. 2. – С. 145.
142. Константинов, А. Ф. Гидрохимическое состояние воды некоторых озер Лено-Амгинского междуречья и проблемы водоснабжения сельского населения / А. Ф. Константинов, Н. А. Николаева // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 5. – С. 87-91.
143. Коржуев, С. С. Геоморфология долины Средней Лены и прилегающих районов / С. С. Коржуев. - М. : Изд-во АН СССР, 1959. - 198 с.
144. Коржуев, С. С. Чекуровский Мамонт и условия его обитания / С.С. Коржуев, Р. В. Федорова // Доклады АН СССР. – 1962, т. 143, № 1.
145. Корнилова, Т.И. Добыча сапропелей как возможный метод рекультивации

146. Кравцова, В. И. Динамика термокарстовых озер центральной Якутии при изменениях климата с 1950 года / В. И. Кравцова, Т. В. Тарасенко // Криосфера Земли. – 2011. – Т. 15, № 3. – С. 31-42.
147. Ксенофонтова, М. И. Геоэкологическая оценка современного состояния озер Центральной Якутии : специальность 25.00.36 "Геоэкология (по отраслям)" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Ксенофонтова Марта Ивановна. – Санкт-Петербург, 2009. – 22 с.
148. Ксенофонтова, М. И. Сравнительный анализ озер Центральной Якутии по морфометрическим и гидрохимическим параметрам / М. И. Ксенофонтова // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: Материалы II Международной конференции, Казань, 19–24 мая 2019 года. Том Часть 1. – Казань: Академия наук Республики Татарстан, 2019. – С. 102-107.
149. Ксенофонтова, М. И. Экологическая оценка состояния озер Лено-Амгинского междуречья / М. И. Ксенофонтова, Л. А. Ушницкая // Проблемы региональной экологии. – 2008. – № 2. – С. 12-14.
150. Ксенофонтова, М.И. Формирование химического состава вод термокарстовых вод Центральной Якутии под влиянием естественных и антропогенных факторов / М.И. Ксенофонтова // Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы. Улан Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. С. 137–138.
151. Ларионова, А.М. Гидробиологическая характеристика озер Лено-Таттинского междуречья / А.М. Ларионова // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озёр криолитозоны. – Якутск, 1983. – С. 78-89.
152. Левина, С. Н. Разработка геоэкологической классификации озёр Якутии (на примере бассейна реки Индигирка) / С. Н. Левина, Л. А. Пестрякова // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России : Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 30-летию Академии наук Республики Саха (Якутия) и 40-летию геологоразведочного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова, Якутск, 21–24 марта 2023 года. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2023. – С. 471-475.
153. Леонов, Б.Н. Центрально-Якутская низменность / Б.Н. Леонов // Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. – М.: Наука, 1971. – С. 68-75.
154. Леса среднетаежной подзоны Якутии / П. А. Тимофеев, А. П. Исаев, И. П. Щербаков и др.; отв. ред. Р. В. Десяткин ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Якут. ин-т биологии. - Якутск : Якут. науч. центр СО РАН, 1994. - 139 с.

155. Лыткин, В.М. Морфология и возраст современных дюнных образований Центральной Якутии / В.М. Лыткин, Г.И. Шапошников, А.Н. Васильева, А.А. Галанин, М.Р. Павлова // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 65-летию Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН, 23-25 марта 2022 г. / [Отв. ред. В.Ю. Фридовский]. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2022. – С. 422-423.
156. Мельников, П.И. Вечная мерзлота в районе Якутска / П.А. Мельников // Исследование вечной мерзлоты в Якутской Республике. 1950. Вып. 2. С. 53-70.
157. Мельников, П.И. Итоги геокриологических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований в Центральной и Южной Якутии: (Доклад о работах, представленных на соискание ученой степени д-ра геол.-мин. наук) / П.И. Мельников // М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 83 с.
158. Мельников, П.И. О глубине промерзания верхней зоны земной коры на территории Якутской АССР / П.И. Мельников // Геотермические исследования и использование тепла Земли. М.: Наука. 1966. С. 110-111.
159. Мельников, П.И. Схематическая геокриологическая карта ЯАССР / П.И. Мельников – М.: ВСЕГЕИ, 1966. 1 л.
160. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1: 1 500 000 / Федоров А.Н., Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Васильев Н.Ф., Макаров В.С. и др.; гл. ред. М.Н. Железняк – Якутск: ИМЗ СО РАН, 2018. 2 л. Фонды ИМЗ.
161. Методы экологических исследований водоемов Арктики : Научное издание / С. С. Сандимиров, Л. П. Кудрявцева, В. А. Даувальтер [и др.] ; Мурманский государственный технический университет. – Мурманск : Мурманский государственный технический университет, 2019. – 180 с.
162. Методы экологических исследований. Озерные экосистемы : учебно-методическое пособие / Городничев и др. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2017. – 68 с.
163. Мишнина, Г. А. Потепление и выпадение осадков в зимний период при восточном процессе на территории Якутской АССР : рукопись / Г. А. Мишнина ; Фонд ЯУГМС. – Якутск, 1959. – 16 с.
164. Многокритериальная классификация озер : [монография] / Н. В. Мякишева ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высшего проф. образования, Российский

гос. гидрометеорологический ун-т ; под ред. Л. Н. Карлина. - Санкт-Петербург : РГГМУ, 2009. - 159 с. : ил., табл.; 20 см.; ISBN 978-5-86813-244-5.

165. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши : часть 1 - Реки и каналы ; часть 2 - Озера и водохранилища / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, Сев.-Зап. территор. упр. по гидрометеорологии и контролю природной среды, РСФСР : бассейны Лены (среднее и нижнее течение), Хатанги, Анабара, Оленека, Яны, Индигирки / Якутское террит. упр. по гидрометеорологии и контролю природ. среды ; [сост. З. К. Егорова и др.]. — Ленинград : Гидрометеоздат, 1982-, 1987. — 594 с.

166. Морфометрическая характеристика озер Лено-Амгинского междуречья / Л. А. Ушницкая, Л. А. Пестрякова, Д. А. Субетто, Е. И. Троева // Наука и образование. — 2014. — № 4(76). — С. 71-76

167. Морфометрическая характеристика озер Лено-Амгинского междуречья / Л. А. Ушницкая, Л. А. Пестрякова, Д. А. Субетто, Е. И. Троева // Наука и образование. — 2014. — № 4(76). — С. 71-76.

168. Мостахов, С.Е. Озерность бассейна р. Лены. В кн. Озера криолитозоны Сибири / С.Е. Мостахов. — Новосибирск: Наука, 1974. — С. 3-7.

169. Мьяриянов, М.И. Биохимическая ценность сапропелей озёр Якутии / М.И. Мьяриянов, М.С. Егорова, И.В. Кормухина, А.М. Попов //Сапропель в сельском хозяйстве. — Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1983. — С. 49-57.

170. Назарова, Л.А. Индикаторный потенциал хирономид (Diptera: Chironomidae) озер Центральной Якутии для палеоклиматических исследований / Л. Б. Назарова, Х. В. Хуббертен, Л. А. Пестрякова, Л. А. Ушницкая // Сибирский экологический журнал. — 2008. — Т. 15, № 3. — С. 427-439.

171. Назарова, Л.Б., Роль бентосных биоиндикаторов в палеоклиматических исследованиях в Якутии / Л.Б. Назарова, Л.А. Ушницкая, Л.А. Пестрякова, Л.А. Фролова // Проблемы региональной экологии. 2009. № 3. С. 57-61.

172. Некрасов, И. А. Вечна ли вечная мерзлота? / И. А. Некрасов. - Москва : Недра, 1991. — 127 с.

173. Немчинов, А.Г. О периодических колебаниях уровней озер Центральной Якутии / А.Г. Немчинов // Научные сообщения ЯФ АН СССР. — Якутск, 1958. — Вып.1. — С. 30-37

174. Нестерева, М. И. Геокриологические факторы динамики площади термокарстовых озер в Центральной Якутии / Н. В. Нестерева, О. М. Макарьева, А. Н.

Федоров, А. Н. Шихов // Криосфера Земли. – 2021. – Т. 25, № 3. – С. 22-34. – DOI 10.15372/KZ20210302

175. 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.

176. Нестерова, Н.Б. Инвентаризация термоцирков на севере Западной Сибири по данным мозаики спутниковых снимков 2016-2018 годов / Н. Б. Нестерова, А. В. Хомутов, М. О. Лейбман [и др.] // Криосфера Земли. – 2021. – Т. 25, № 6. – С. 41-50. – DOI 10.15372/KZ20210604.

177. Общее мерзлотоведение [Текст] : Геокриология : [Учебник для вузов по спец. "Гидрогеология и инж. геология" / В.А. Кудрявцев, Б.Н. Достовалов, Н.Н. Романовский и др.] ; Под ред. В.А. Кудрявцева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Изд-во МГУ, 1978. - 463 с.

178. Общее мерзлотоведение [Текст] : Утв. ВКВШ в качестве учеб. пособия для ун-тов, геол., геол.-развед. и пром.-строит. ин-тов / М. И. Сумгин, С . П. Качурин, Н. И. Толстихин, В. Ф. Тумель. - Москва ; Ленинград : Изд-во Акад. наук СССР, 1940 (Москва). - 340 с. Таттинский улус (район) Республики Саха (Якутия) : справочные материалы по краеведению. - Якутск : Изд-во ИПКРО им. С. Н. Донского - II, 2009. - 54 с.

179. озерных водоемов / Т.И. Корнилова // Материалы международной конференции «Озера холодных регионов». Ч. 5. Якутск, 2000. С. 94-100.

180. Оконешникова, М.В. Гумусное состояние почв как индикатор экологической среды аласов / М.В. Оконешникова // Наука и образование. 1996. № 4. С. 103-112.

181. Определение характеристик водосборного бассейна и расчетного расхода стока: Методические указания к практическим занятиям и дипломному проектированию малых дорожных водопропускных сооружений для студентов специальности 291000 "Автомобильные дороги и аэродромы" заочной и очной форм обучения / Сост. В. П. Горбачев, Л. В. Кормилицына. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2003. – 35 с.

182. Определитель высших растений Якутии / Е.А. Афанасьева, К.С. Байков, А.А. Бобров и др. — Москва: Товарищество научных изданий КМК; Новосибирск: Наука, 2020. — 896 с.

183. Основные особенности растительного покрова Якутской АССР. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. – 156 с.

184. Официальный сайт органов власти Республики Саха (Якутия) (Проверено 23 марта 2012).

185. Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. Якутск. Режим доступа: <https://sakha.gks.ru> (дата обращения 05.04.2022).

186. Охрана окружающей среды в Республике Саха (Якутия) за 2016-2020 гг.: статистический сборник. Якутск, 2021. 68 с.

187. Павлов, А.В. Современные изменения климата на Севере России / А. В. Павлов, Г. В. Малкова ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т криосферы Земли. – Новосибирск : ГЕО, 2005. – 52 с.

188. Павлов, А.В. Тепловой баланс крупного озера и прилегающей территории в Центральной Якутии / А.В. Павлов, М.И. Тишин. - В кн.: Строение и тепловой режим мерзлых пород; Новосибирск, «Наука», 1981.

189. Паршин, А.П. Перспективы использования таликовых зон Центральной Якутии для водоснабжения путем создания в них искусственных запасов подземных вод / А.П.Паршин // Вопросы гидрогеологии криолитозоны. – Якутск: Изд. ИМЗ СО АН СССР, 1975 – С. 88.

190. Пекарский, Э. К.: (к 100-летию со дня рождения) / Э.К. Пекарский; редактор Л. Н. Харитонов // Якутский филиал Академии наук СССР, Институт языка, литературы и истории ; – Якутск : Книжное издательство, 1958. – 53 с.

191. Пермякова, А.А. Растительность аласов Якутии : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / А. А. Пермякова ; Акад. наук СССР, Урал. фил., Ин-т биологии. - Свердловск : [б. и.], 1962. – 15, [1] с.

192. Пестрякова, Л. А. Диатомовые комплексы и химизм воды термокарстовых озер Юкэчинского полигона / Л. А. Пестрякова, Н. П. Босиков, М. И. Ксенофонтова // Наука и образование. – 2007. – № 2. – С. 19-24.

193. Пестрякова, Л. А. Закономерности развития озер Якутии и их современное состояние (по материалам диатомового анализа донных отложений) : специальность 25.00.36 "Геоэкология (по отраслям)" : диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук / Пестрякова Людмила Агафьевна. – Якутск, 2009. – 354 с.

194. Пестрякова, Л. А. Эволюция озерных экосистем Центральной Якутии по материалам диатомового анализа донных отложений: специальность 03.00.16: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Пестрякова Людмила Агафьевна. – Санкт-Петербург, 1994. – 23 с.

195. Пестрякова, Л.А. Гидрохимическая характеристика озерных вод Центральной Якутии / Л.А. Пестрякова, М.А. Герасимова, Д.А. Субетто // Географические исследования в решении региональных проблем. Материалы регионального молодежного семинара с международным участием. 27-28 мая 2006 г. (Отв. ред. Д.А. Субетто, А.А. Степанова; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2006. – С. 5-12.
196. Пестрякова, Л.А. Диатомей донных отложений озера Нуочаха (бассейн Средней Лены) / Л.А. Пестрякова // Наука и образование. – Якутск: АН РС (Я), 1998. – №4 – С.63-65.
197. Пестрякова, Л.А. Диатомовые водоросли в осадках озер Верхней Татты / Л.А. Пестрякова // Аласные экосистемы: Структура, функционирование, динамика. – Новосибирск: Наука, 2005. –С.101-107.
198. Пестрякова, Л.А. Диатомовые комплексы озерных отложений Якутии в голоцене / Л.А. Пестрякова // Озера холодных регионов. Ч.4. Вопросы палеоклиматологии и палеоэкологии – Якутск: ЯГУ, 2000. – С. 138-150.
199. Пестрякова, Л.А. Типологическое значение морфометрических показателей озер Центральной Якутии / Л.А. Пестрякова // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озер криолитозоны (на примере Центральной Якутии). – Якутск: ЯГУ, 1983. – С. 89-96
200. Пестрякова, Л.А. Улахан-Чабыда. Центральная Якутия / Л.А. Пестрякова // История озер Севера Азии. – С-Пб.: Наука, 1995. – С.76–81.
201. Пестрякова, Л.А., Анализ пространственного разнообразия диатомей озер Якутии / Л.А. Пестрякова // Проблемы региональной экологии. – 2008. – №2. – С.68-71.
202. ПНД Ф 14.1:2:3:4.50-2023 Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов железа (III), железа общего и железа валового в пробах питьевых, горячих и сточных вод, а также в пробах природных (поверхностных и подземных) фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. – Введ. 1997-03-21 – М.: Минприроды РФ, 1997. – 20 с.
203. ПНД Ф 14.1:2:4.157-99. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ». – Введ. 2013-10-24. – М.: ООО «Люмэкс-маркетинг», 2013. – 44 с.
204. ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, лития, магния, стронция, бария и кальция в пробах питьевых, природных (в том числе минеральных) и

сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ». – Введ. 2011-11-28. – М.: ООО «Люмэкс-маркетинг», 2011. – 35 с.

205. ПНД Ф 14.2.99-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений содержания гидрокарбонатов в пробах природных вод титриметрическим методом. – Введ. 1997-03-21 – М.: Минприроды РФ, 1997. – 20 с.

206. Потахин, М. С. Эколого-географическая типизация водоемов Карелии : специальность 25.00.36 "Геоэкология (по отраслям)" : диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Потахин Максим Сергеевич. – Санкт-Петербург, 2008. – 157 с.

207. Предварительная оценка качества вод водохранилищ водовода Лена-Туора-Кюель / Л.А. Пестрякова, Л.А. Ушницкая, И.Г. Собакина, М.И. Ксенофонтова // Наука и образование, 2005. – С.56-58.

208. Предварительная оценка качества вод водохранилищ водовода Лена-Туора-Кюель / Л.А. Пестрякова, Л.А. Ушницкая, И.Г. Собакина [и др.] // Наука и образование, 2005. – С.56-58.

209. Присяжный, М. Ю. Территориальный анализ промышленного освоения Якутии / М. Ю. Присяжный // Экономика региона. – 2011. – № 3(27). – С. 241.

210. Присяжный, М.Ю. Трансформация региональной системы природопользования Якутии / М. Ю. Присяжный // Региональное природопользование и фундаментальные проблемы географии будущего. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2001. – С. 217 – 227.

211. Пчелинцев, А.М. Морфологическое описание термокарстового процесса в Якутии / А.М. Пчелинцев // Мерзлотоведение. – 1946. – Т. 1, № 2. – С. 95–106.

212. Пшенникова, Е.В. Водоросли аласных озер Лено-Амгинского междуречья / Е.В. Пшенникова // Озера холодных регионов. Гидробиологические вопросы: материалы Междунар. конф. – Якутск, 2000. – Ч. II. – С. 148-151.

213. Пшенникова, Е.В. Современное состояние аласных озер Центральной Якутии / Е.В. Пшенникова // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Матер. I Междунар. науч. конф. - Минск, 1999. - С. 148.

214. Пшенникова, Е.В. Современное состояние озер Центральной Якутии и оценка качества воды по биологическим показателям / Е.В. Пшенникова, А.П. Иванова, Т.А. Салова, Л.И. Копырина // Дальневосточный медицинский журнал. Приложение №1. Хабаровск, 2004. – С. 43-45.



215. Работнов, Т. А. О степях Центральной Якутии / Т.А. Работнов // Природа, 1945, № 2, с. 35—36.
216. Развитие социокультурной, экономической и геоэкологической деятельности в северных регионах России / [Григорьева И. В., Мисхожев Э. Р., Яковлева К. В. и др. ; под ред. И. В. Григорьевой] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Гос. поляр. акад. - Санкт-Петербург : ГПА, 2012. - 271 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 252-271. - 200 экз. - ISBN 978-5-98193-069-0
217. Расписание погоды [Электронный ресурс]. Погода в Республике Саха (Якутии) -2024. Режим доступа <https://rp5.ru/> (Дата обращения: 25.09.2024).
218. РД 52.24.433-2018. Массовая концентрация кремния в водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде желтой формы молибдодокремниевой кислоты. Введ. 2019-11-01 – М.: Минприроды РФ, 2018. – 30 с.
219. Родионова, Т. В. Исследование динамики термокарстовых озер в различных районах криолитозоны России по космическим снимкам : специальность 25.00.33 "Картография" : диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Родионова Татьяна Васильевна. – Москва, 2014. – 196 с.
220. Романовский, Н.Н. О влиянии наледей на формирование рельефа прадолин Польши в перигляциальных условиях плейстоценового оледенения / Н.Н. Романовский – Изв. АН СССР. Сер.геогр., 1972, № 4, С. 106-113.
221. Романовский, Н.Н. Подземные воды криолитозоны / Н.Н. Романовский; под ред. В.А. Всеволожского. М., МГУ, 1983. – 232 с.
222. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши [Текст] / [Т.С. Кишкинова, В.Т. Каплин, А.Г. Страдомская и др.] ; Под ред. д-ра хим. наук, проф. А.Д. Семенова ; Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Гидрохим. ин-т. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
223. СанПиН 2.1.5.980-00. 2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы.
224. Сафонова, С.Л. Минеральная вода «Абалахская»: результаты исследований и проблемы дальнейшего ее использования / С.Л. Сафонова // Актуальные вопросы курортологии и физиотерапии в условиях Севера: материалы научно-практической конференции, посвященной 75-летию Абалахской грязелечебницы. – Якутск: Изд-во СВФУ, 2010. – С. 64-67.
225. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621709 Российская Федерация. Озера Центральной Якутии : № 2014621412 : заявл. 20.10.2014 :

опубл. 10.12.2014 / Л. А. Пестрякова, Л. А. Ушницкая, Д. А. Субетто, И. И. Жирков ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова».

226. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621709 Российская Федерация. Озера Центральной Якутии: № 2014621412: заявл. 20.10.2014: опубл. 10.12.2014 / Л. А. Пестрякова, Л. А. Ушницкая, Д. А. Субетто, И. И. Жирков. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова».

227. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021620048 Российская Федерация. Зоопланктонные и некоторые химические показатели вод озёр правобережья р. Лена по генетическим типам: № 2020622803: заявл. 18.12.2020: опубл. 14.01.2021 / Т. П. Трофимова, И. Г. Собакина, И. И. Жирков. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова".

228. Сивцева А. И. География Якутской АССР: учебное пособие / А. И. Сивцева, С. Е. Мостахов, З. М. Дмитриева. – 3-е изд., испр. и доп. – Якутск : Кн. изд-во, 1990. – 168 с., ил. Максимов

229. Сивцева, А.И. География Якутской АССР : Учеб. пособие / А. И. Сивцева, С. Е. Мостахов, З. М. Дмитриева. – 3-е изд., испр. и доп. - Якутск : Кн. изд-во, 1990. – 167с.

230. Сивцева, А.И. География Якутской АССР Учеб. пособие / А. И. Сивцева, С. Е. Мостахов, З. М. Дмитриева. — 3-е изд., испр. и доп. — Якутск : Кн. изд-во, 1990. — 166 с.

231. Система ведения сельского хозяйства в Республике Саха (Якутия) на период 2021-2025 годы : методические пособия / Министерство сельского хозяйства Республики Саха (Якутия), Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова. – Белгород : Сангалова К. Ю., 2021. – 592 с.

232. Скрыбин, П.Н. Межгодовая изменчивость теплового режима грунтов района Якутска / П.Н. Скрыбин, С.П. Варламов, Ю.Б. Скачков – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. – 144 с.

233. Смелов, А.П. Химический состав и Р-Т условия образования барофильных минералов из кимберлитовой трубки Манчары (Центральная Якутия) / А.П. Смелов, И.В. Ащепков, О.Б. Олейникова, А.А. Сурнин, С.А. Бабушкина, Л.И. Полуфунтикова, О.В. Королева // Отечественная геология, 2009, № 5, С. 27—30.

234. Собакина, И. Г. Современное состояние зоопланктона озёр Лено-Амгинского междуречья / И. Г. Собакина // Экология России: на пути к инновациям. – 2013. – № 7. – С. 113-116.
235. Соколова, В.А. Особенности формирования зоопланктона и зообентоса в аласных озёрах Якутии / В.А. Соколова, Т.А. Салова, Т.М. Лабутина // Материалы международной конференции «Озёра холодных регионов», Часть 2. Гидробиологические вопросы. – Якутск: Изд-во Якутского ун-та, 2000. – С. 172-180.
236. Соловьев П.А. Циклические изменения водообильности аласных озёр Центральной Якутии в связи с колебаниями элементов климата [Текст] / П.А. Соловьев // Вопросы Географии Якутии, выпуск 1. – Якутск, 1961. – с. 48–54
237. Соловьев, П. А. Аласный рельеф Центральной Якутии и его происхождение / П. А. Соловьев // Многолетнемерзлые породы и сопутствующие им явления на территории ЯАССР. М., 1962. – С. 38-53.
238. Соловьев, П.А. Аласные долины Якутии / П.А. Соловьев // В сб.: "Условия и особенности развития ледяных толщ в Сибири и на Северо-Востоке". М., Изд-во АН СССР, 1963. – С. 28-36.
239. Соловьев, П.А. Геотермическая характеристика аласно-термокарстового ландшафта междуречья рек Лены и Амги // П.А. Соловьев // Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике. Якутск: Изд-во АН СССР, 1950.-С. 128-178.
240. Соловьев, П.А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья [Текст] / П.А. Соловьев // Акад. наук СССР. Ин-т мерзлотоведения им. В. А. Обручева. Сев.-Вост. отд-ние. - Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1959. - 141 с.
241. Справочник по климату СССР [Текст] : Метеорологические данные за отдельные годы / Гл. упр. при Совете Министров СССР. Якутская АССР Солнечная радиация, радиационный баланс / 27 см Якут. упр. гидрометеорол. службы. Якут. гидрометеорол. обсерватория. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1970-, 1973. – 325 с.
242. Субетто, Д. А. Лимнологические и палеолимнологические исследования озёр Центральной Якутии / Д. А. Субетто, Л. А. Пестрякова // Геология, геоэкология, эволюционная география: коллективная монография по материалам 8 международного семинара / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, УМО по направлениям педагогического образования. – Санкт-Петербург: Эпиграф, 2008. – С. 222-227.
243. Сумгин, М.И. Вечная мерзлота почвы в пределах СССР [Текст] / М. Сумгин; Акад. наук СССР. - 2-е доп. изд. - Москва ; Ленинград : Изд-во Акад. наук СССР, 1937 (Москва : "Образцовая" тип.). - Переплет, 379 с.

244. Сумгин, М.И., Вейнберг Б.П. Лед в вечномёрзлых грунтах / М.И. Сумгин, Б.П. Вейнберг и др. // Лед. – М : Гостехиздат. – 1940.

245. Теоретические вопросы классификации озёр / А. Г. Исаченко, И. В. Бовыкин, В. А. Румянцев и др.; Отв. ред. Н. П. Смирнова; Рос. АН, Ин-т озероведения. - СПб. : Наука : Санкт-Петербург. изд. фирма, 1993. – 184 с.

246. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) [Электронный ресурс]: Оценка численности населения Республики Саха (Якутия) на 1 января 2024 года -2024. Режим доступа: [https://14.rosstat.gov.ru/chisl\\_sostav?print=1](https://14.rosstat.gov.ru/chisl_sostav?print=1) (Дата обращения: 25.06.2024).

247. Тимофеев, П.А. Леса Якутии : Состав, ресурсы, использование и охрана / П. А. Тимофеев; Отв. ред. А. П. Исаев; Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние, Ин-т биол. проблем криолитозоны, М-во образования РФ. Якут. гос. ун-т им. М. К. Аммосова. - Новосибирск : Изд-во Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, 2003. – 193 с.

248. Тишин, М.И. Температурный режим водных масс озера Сырдах / М.И. Тишин // Геотеплофизические исследования в Сибири. – Новосибирск: Наука, 1978. – С.58-66.

249. Тишин, М.И. Тепловой режим дна крупного термокарстового озера в Центральной Якутии / М.И. Тишин // Мерзлот, исслед. в осваиваемых р-нах СССР. Новосибирск, 1980. - С. 40 - 47.

250. Толстихин, О.Н. Природные условия: Подземные воды и гидрогеологическое районирование / О.Н. Толстихин // Ресурсы поверхностных вод СССР. - Т.17: Лено-Индигирский район. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. – С. 57-66.

251. Толстяков, Д.Н. К вопросу расчёта количества подземного льда в районах распространения термокарстовых котловин / Д.Н. Толстяков, Н.П. Босиков // Вопросы геокриологии в трудах молодых учёных и специалистов. – Якутск: Институт Мерзлотоведения, 1976. – С. 126-141.

252. Трансформация органического и биогенных веществ при антропогенном эвтрофировании озёр / Г. А. Алябина, М. А. Барбашова, В. П. Беляков и др. Отв. редакторы В. Г. Драбкова, Е. А. Стравинская; АН СССР, Ин-т озероведения. - Ленинград : Наука : Ленингр. отд-ние, 1989. – 271 с.

253. Трофимова, Т. П. Гидрогеохимические условия экосистемы на примере озера Чурапча / Т. П. Трофимова // География: развитие науки и образования: Коллективная монография по материалам ежегодной международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–25 апреля 2020 года / Отв. редакторы С.И. Богданов,

Д.А. Субетто, А.Н. Паранина. Том 1. – Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2020. – С. 361-365.

254. Трофимова, Т. П. Гидрохимическое разнообразие озерных вод Лено-Амгинского междуречья / Т. П. Трофимова // Эколого-географические проблемы регионов России: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, посвященной столетию ПГСГА, Самара, 15 января 2011 года. – Самара: Поволжская государственная социально-гуманитарная академия, 2011. – С. 60-64.

255. Трофимова, Т. П. Формирование гидрохимического состава разнотипных озёр Центральной Якутии / Т. П. Трофимова // Наука и образование. – 2007. – № 4. – С. 131-133.

256. Ушницкая, Л. А. Антропогенная трансформация озерных экосистем сельских местностей бассейна Верхней Татты (центральная Якутия) / Л. А. Ушницкая, М. И. Ксенофонтова, Л. А. Пестрякова // Антропогенная трансформация природной среды: Материалы Международной конференции. В 2-х частях, Пермь, 18–21 октября 2010 года. Том 1. Часть 2. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2010. – С. 285-290.

257. Ушницкая, Л. А. Морфометрические и гидрохимические параметры озер Намского улуса (центральная Якутия) / Л. А. Ушницкая, Р. М. Городничев // Лучшая исследовательская работа 2022: сборник статей III Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 10 февраля 2022 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. – С. 269-275.

258. Ушницкая, Л. А. Морфометрические и гидрохимические параметры озер Намского улуса (центральная Якутия) / Л. А. Ушницкая, Р. М. Городничев // ЛУЧШАЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА 2022 : сборник статей III Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 10 февраля 2022 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. – С. 269-275.

259. Ушницкая, Л. А. Морфометрические и гидрохимические характеристики озер сельских поселений Усть-Алданского района (Центральная Якутия) / Л. А. Ушницкая, Р. М. Городничев, Л. А. Пестрякова // Региональные геосистемы. – 2021. – Т. 45, № 2. – С. 214-226. – DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-214-226

260. Ушницкая, Л.А. Морфометрические и гидрохимические характеристики озер сельских поселений Усть-Алданского района (Центральная Якутия) / Л.А. Ушницкая, Р.М. Городничев, Л.А. Пестрякова // Региональные геосистемы. - 2021. - Т. 45, № 2. - С. 214-226. - Библиогр.: с. 224-226. - Doi: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-214-226.

261. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (Дата обращения 25.06.2024).

262. Федеральная целевая программа «Чистая вода» на 2011- 2017 годы. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2010 г. № 1092. Проект Государственной целевой программы «Чистая вода» по Республике Саха (Якутия), 2010

263. Федеральный закон "Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации" от 06.10.2003 N 131-ФЗ (ред. от 08.07.2024) (Дата обращения: 25.06.2024).

264. Федорова, А.И. Изменение численности и биомассы зоопланктона и зообентоса в разнотипных озёрах Центральной Якутии / А.И. Федорова, А.М. Ларионова // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озёр криолитозоны. - Якутск, 1983. – С. 107-110.

265. Федорова, Е. Н. Вопросы социально-экономического районирования территории Якутии / Е. Н. Федорова, Г. А. Пономарева, Е. Г. Егоров // Проблемы современной экономики. – 2014. – № 4(52). – С. 290-294.

266. Филиппова, В. А. Изучение фитоценотического разнообразия и особенности экологии сообществ водной растительности в долинах рек Лена и Амга (Центральная Якутия) / В. А. Филиппова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1-4. – С. 1145-1148. – EDN QNTULP.

267. Филиппова, В. А. Синтаксономия классов Lemnetaea de Bolós et Masclans 1955 и Potametea Klika in Klika & Novak 1941 в долинах рек Лена и Амга (Центральная Якутия) / В. А. Филиппова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 1-4. – С. 940-944. – EDN OORYNR.

268. Хозяйственное значение озер для жителей Якутии / Р. М. Городничев, С. Н. Левина, П. В. Давыдова, Л. А. Ушницкая // Современные научные исследования: теория, методология, практика : Сборник научных статей по материалам IX Международной научно-практической конференции, Уфа, 06 декабря 2022 года. Том Часть 4. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2022. – С. 150-152/

269. Цытович, Н. А. Мерзлые горные породы [Текст] : (Их роль в природе и жизни человека) / Н. А. Цытович, С. П. Качурин, Л. А. Мейстер. – Москва : Знание, 1961. – 32 с.

270. Чеботарев, А.И. Гидрология суши и речной сток [Учебник для гидрометеорол. техникумов]. / А.И. Чеботаев. – Ленинград : изд-во и 2-я типолит. Гидрометеоиздата, 1950. — 344 с.
271. Чистяков, Г.Е. Водные ресурсы рек Якутии [Текст] / Г.Е. Чистяков. – М., Мысль, 1964. – 161 с.
272. Чистяков, Г.Е. Русловые процессы на р. Лене под Якутском / Г.Е. Чистяков // Исследования вечной мерзлоты в Якутской республике. Вып. 3. М.: Изд-во АН СССР. 1952.
273. Шепелев, А. Г. Предварительный анализ запасов органического углерода и азота в породах ледового комплекса Центральной Якутии / А. Г. Шепелев, Е. В. Старостин, А. Н. Фёдоров, Т. Х. Максимов // Наука и образование. – 2016. – № 2. – С. 35-42.
274. Шепелев, В. В. Родниковые воды Якутии / В. В. Шепелев. - Якутск : Якутское книжное изд-во, 1987. – С. 127-244.
275. Шестакова, А. А. Распространение аласов Лено-Амгинского междуречья / А. А. Шестакова, Я. И. Торговкин // Геоинформатика. – 2023. – № 2. – С. 17-25.
276. Шилькрот, Г.С. Причины антропогенного эвтрофирования водоемов / Г.С. Шилькрот // Общая экология. Биогеоценология. Гидробиология. Т.2. Антропогенное эвтрофирование водоемов. – М.: ВИНТИ, 1975. – С. 61-99.
277. Щербаков, И. П. Лесной покров Северо-Востока СССР / И. П. Щербаков. – Новосибирск: Наука, 1975. – 344 с.
278. Эволюция природной среды в Центральной Якутии в голоцене / Л. А. Пестрякова, Д. А. Субетто, М. А. Герасимова [и др.] // Известия Русского географического общества. – 2008. – Т. 140, № 4. – С. 54-67.
279. Экологическая оценка флоры и растительности Центральной Якутии / Королюк А.Ю., Троева Е.И., Черосов М.М. и др. – Якутск, 2005. – 108 с.
280. Этимологический словарь русского языка. Фасмер Макс [Электронный ресурс]: Улус происхождения, этимология. Режим доступа: <https://classes.ru/all-russian/russian-dictionary-Vasmer-term-14234.htm> (Дата обращения: 25.05.2024).
281. Якутия. Историко-культурный атлас : Природа. История. Этнография. Современность / А. И. Аверенский, В. А. Александров, А. А. Алексеев [и др.] ; Правительство Республики Саха (Якутия), Институт гуманитарных исследований АН Республики Саха (Якутия); Научный редактор картографических материалов: Н.Н. Комедчиков, кандидат географических наук. – Москва : Дизайн. Информация. Картография, 2007. – 870 с.

282. Charcoal records from thermokarst deposits in central Yakutia, eastern Siberia: Implications for forest fire history and thermokarst development / F. Katamura, M. Fukuda, N. P. Bosikov, R. V. Desyatkin // *Quaternary Research*. – 2009. – Vol. 71, No. 1. – P. 36-40.
283. Chironomid-based inference models for estimating mean July air temperature and water depth from lakes in Yakutia, northeastern Russia / L. Nazarova, U. Herzschuh, S. Wetterich [et al.] // *Journal of Paleolimnology*. – 2011. – Vol. 45, No. 1. – P. 57-71. – DOI 10.1007/s10933-010-9479-4.
284. Chironomids (Diptera: Chironomidae) in lakes of central Yakutia and their indicative potential for paleoclimatic research / L. B. Nazarova, L. A. Pestryakova, L. A. Ushnitskaya, H. W. Hubberten // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2008. – Vol. 1, No. 3. – P. 335-345. – DOI 10.1134/s1995425508030089.
285. Congedo, L. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation / L. Congedo. – 2016. – 274 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
286. Desyatkin, A. R., Takakai, F., Fedorov, P. P., Nikolaeva, M. C., Desyatkin, R. V., and Hatano, R. (2009). CH<sub>4</sub> emission from Different Stages of Thermokarst Formation in Central Yakutia, East Siberia. *Soil Sci. Plant Nutr.* 55, 558–570. doi:10.1111/j.1747-0765.2009.00389.x
287. Differences in behavior and distribution of permafrost-related lakes in Central Yakutia and their response to climatic drivers / M. Ulrich, H. Matthes, L. Schirrmeister [et al.] // *Water Resources Research*. – 2017. – Vol. 53, No. 2. – P. 1167-1188.
288. Estimating the water balance of a thermokarst lake in the middle of the Lena River basin, eastern Siberia / A. N. Fedorov, P. P. Gavriliiev, P. Y. Konstantinov [et al.] // *Ecohydrology*. – 2014. – Vol. 7, No. 2. – P. 188-196. – DOI 10.1002/eco.1378.
289. Evaporation effects as reflected in freshwaters and ostracod calcite from modern environments in Central and Northeast Yakutia (East Siberia, Russia) / S. Wetterich, U. Herzschuh, H. Meyer [et al.] // *Hydrobiologia*. – 2008. – Vol. 614, No. 1. – P. 171-195.
290. Evolution of the banks of thermokarst lakes in Central Yakutia (Central Siberia) due to retrogressive thaw slump activity controlled by insolation / A. Séjourné, F. Costard, J. Gargani [et al.] // *Geomorphology*. – 2015. – Vol. 241. – P. 31-40.
291. Fedorov, A., Konstantinov, P. Observations of Surface Dynamics with Thermokarst Initiation, Yukechi Site, Central Yakutia / A. Fedorov, P. Konstantinov // *Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost, Zurich, Switzerland, July 21-25*. – 2003. P. 239–243.
292. Frolova, L.A. Ehippia as bioindicator of thermokarst lake history in Central Yakutia (Eastern Siberia, Russia) / L.A. Frolova, A.A. Kotov, M. Ulrich // *XIV Subfossil Cladocera Workshop*. – 2016. – P. 20.



293. Holocene climate conditions in central Yakutia (Eastern Siberia) inferred from sediment composition and fossil chironomids of Lake Temje / L. Nazarova, H. Lüpfer, B. Diekmann [et al.] // *Quaternary International*. – 2013. – Vol. 290-291. – P. 264-274. – DOI 10.1016/j.quaint.2012.11.006.
294. Holocene wildfire and vegetation dynamics in Central Yakutia, Siberia, reconstructed from lake-sediment proxies / R. Glückler, R. Geng, L. Grimm [et al.] // *Frontiers in Ecology and Evolution*. – 2022. – Vol. 10. – DOI 10.3389/fevo.2022.962906.
295. Huggett, R.J. *Fundamentals of Geomorphology* / R.J. Huggett // London: Routledge. – 2007.
296. Limnological characteristics of lakes in the lowlands of Central Yakutia, Russia / T. Kumke, M. Ksenofontova, L. Pestryakova [et al.] // *Journal of Limnology*. – 2007. – Vol. 66, No. 1. – P. 40-53.
297. Palaeoclimate signals as inferred from stable-isotope composition of ground ice in the verkhoyansk foreland, Central Yakutia / S. Popp, B. Diekmann, H. Meyer [et al.] // *Permafrost and Periglacial Processes*. – 2006. – Vol. 17, No. 2. – P. 119-132. – DOI 10.1002/ppp.556.
298. Permafrost-landscape map of the republic of sakha (Yakutia) on a scale 1:1,500,000 / A. N. Fedorov, N. F. Vasilyev, Y. I. Torgovkin [et al.] // *Geosciences (Switzerland)*. – 2018. – Vol. 8, No. 12. – P. 465. – DOI 10.3390/geosciences8120465.
299. Permafrost-thaw lake development in Central Yakutia: sedimentary ancient DNA and element analyses from a Holocene sediment record / I. Baisheva, L. Pestryakova, S. Levina [et al.] // *Journal of Paleolimnology*. – 2023. – Vol. 70, No. 1. – P. 95-112. – DOI 10.1007/s10933-023-00285-w.
300. Present-day variability and Holocene dynamics of permafrost-affected lakes in central Yakutia (Eastern Siberia) inferred from diatom records / L. A. Pestryakova, U. Herzschuh, S. Wetterich, M. Ulrich // *Quaternary Science Reviews*. – 2012. – Vol. 51. – P. 56-70. – DOI 10.1016/j.quascirev.2012.06.020.
301. Rapid thermokarst evolution during the mid-Holocene in Central Yakutia, Russia / M. Ulrich, J. Schmidt, C. Zielhofer [et al.] // *The Holocene*. – 2017. – Vol. 27, No. 12. – P. 1899-1913.
302. Reconstruction of the history of a thermokarst lake in the Mid-Holocene based on an analysis of subfossil Cladocera (Siberia, Central Yakutia) / L. A. Frolova, A. G. Ibragimova, M. Ulrich, S. Wetterich // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2017. – Vol. 10, No. 4. – P. 423-430. – DOI 10.1134/S1995425517040023.

303. Spearman, C. General Intelligence, Objectively Determined and Measured / C. Spearman // *The American Journal of Psychology*, 15. – 1904. – P. 201-292.
304. Subfossil cladoceran remains from sediment in thermokarst lakes in northeastern Siberia, Russia / Frolova L.A., Nazarova L., Pestryakova L.A., et al. // *Journal of Paleolimnology*. – 2014. – P. 107–119.
305. Thermokarst as a Short-term Permafrost Disturbance, Central Yakutia / A. Brouchkov, M. Fukuda, A. Fedorov et al. // *Permafrost and Periglacial Processes*. – 2004. – Vol. 15. – P. 81–87.
306. Thermokarst formation and vegetation dynamics inferred from a palynological study in central Yakutia, eastern Siberia, Russia / F. Katamura, M. Fukuda, N. P. Bosikov [et al.] // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. – 2006. – Vol. 38, No. 4. – P. 561-570.
307. Variability of Permafrost and Landscape Conditions Following Clear Cutting of Larch Forest in Central Yakutia / Fedorov, A.N.; Iwahana, G.; Konstantinov, P.Y.; Machimura et al. // *Permafrost and Periglacial Processes*. – 2017. – Vol. 28. P. 331–338.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение 1 – Обзор исследований озёрных экосистем Лено-Амгинского междуречья

Год	Автор (ы)	Название работы
<b>Тепловой и урочный режим озёр</b>		
1946	Ефимов А.И.	Высыхание термокарстовых озёр Центральной Якутии
1950	Ефимов А.И.	К вопросу о развитии термокарстовых озёр в Центральной Якутии
1958	Немчинов А.Г.	О периодических колебаниях уровня озёр Центральной Якутии
1961	Соловьев П.А.	Циклические изменения водообильности аласных озёр Центральной Якутии в связи с колебаниями элементов климата
1969	Арэ Ф.Э.	О современном высыхании озёр Центральной Якутии
1972	Егорова З.К.	Режим озёр
1974	Арэ Ф.Э.	Тепловой режим мелких озёр таежной зоны Восточной Сибири (на примере Центральной Якутии)
1974	Гаврилова М.К., Попов П.П.	Микроклимат озёр Центральной Якутии
1977	Босиков Н.П.	Динамика уровней и развития аласных озёр Центральной Якутии
1978	Тишин М.И.	Температурный режим водных масс озера Сырдах
1979	Босиков Н.П., Ловелиус Н.В.	О дендроиндикации колебаний уровня аласных озёр Центральной Якутии
1980	Тишин М.И.	Тепловой режим дна крупного термокарстового озёра в Центральной Якутии
1991	Босиков Н.П.	Эволюция аласов Центральной Якутии
2000	Жирков К.И.	Особенности зимнего режима озёрных вод Якутии
2011	Кравцова В. И., Тарасенко Т. В.	Динамика термокарстовых озёр Центральной Якутии при изменениях климата с 1950 года
2014	Родионова Т.В.	Исследование динамики термокарстовых озёр в различных районах криолитозоны России по космическим снимкам
2018	Жирков И. И., Трофимова Т. П., Жирков К. И. [и др.]	Снижение уровня воды озёра Килянки Чурапчинского района РС (Я)
<b>Гидрогеохимия озёрных вод</b>		
1942	Егоров А.Д.	Воды и озёра якутских аласов
1954	Ефимов А.И.	Источники водоснабжения территории Центральной Якутии
1954	Егоров А.Д., Немчинов А.Г.	Материалы по гидрохимической характеристике водоемов Центральной Якутии
1960	Брюханов И.М. Веселовский Н.В.,	О химическом составе воды буровой скважины озёра Абалах
1972	Иваник В.М., Соколова Р.Д.	Гидрохимическая характеристика поверхностных вод
1981	Жирков И.И., Брюханов И.М., Голубцова Т.С. [и др.]	Гидрохимические особенности термокарстовых озёр Центральной Якутии в зависимости от стадии их развития
2006	Пестрякова Л.А., Герасимова М.А., Субетто Д.А.	Гидрохимическая характеристика озёрных вод Центральной Якутии
2006	Ксенофонтова М.И.	Гидрохимическая характеристика озёрных вод Центральной Якутии
2007	Трофимова Т.П.	Формирование гидрохимического состава разнотипных озёр Центральной Якутии

2011	Трофимова Т.П.	Гидрохимическое разнообразие озёрных вод Лено-Амгинского междуречья
2013	Herzschuh U., Heinecke L., Böhmer T. [et al.]	Siberian larch forests and the ion content of thaw lakes form a geochemically functional entity
2018	Константинов А.Ф., Николаева Н.А.	Гидрохимическое состояние воды некоторых озёр Лено-Амгинского междуречья и проблемы водоснабжения сельского населения
2020	Трофимова Т. П.	Гидрогеохимические условия экосистемы на примере озера Чурапча
<b>Вопросы классификации озёр</b>		
1983	Жирков И.И.	Морфогенетическая классификация как основа рационального использования, охраны, воспроизводства природных ресурсов озёр криолитозоны
2000	Жирков И.И.	О классификации озёр холодных регионов
2014	Жирков И. И.	Схема лимногенетической классификации озёр Северо-Востока России
2023	Левина С. Н., Пестрякова Л. А.	Разработка геоэкологической классификации озёр Якутии (на примере бассейна реки Индигирка)
2023	Давыдова П. В., Левина С. Н., Ушницкая Л. А.	Применение Региональной эколого-лимнологической классификации для паспортизации озёр Чукотки
<b>Донные отложения озёр. Сапропели</b>		
1974	Босиков Н.П., Соколова В.А.	Текстура донных отложений как показатель водности термокарстовых озёр
1978	Босиков Н.П., Сопоева А.С.	Литолого-палинологическая характеристика отложений аласных озёр Центральной Якутии
1983	Босиков Н.П.	Стратиграфия донных отложений аласных озёр Центральной Якутии
1983	Гаврильев К.Д., Дмитриев А.И., Иванов К.П. [и др.]	Микроэлементы в илах и сапропелях озёр Центральной Якутии
1983	Дмитриева А.С., Голдобин К.Д.	Спектрографическое определение некоторых микроэлементов в донных отложениях озёр Центральной Якутии
1983	Жирков И.И.	О запасах и качестве сапропелевых месторождений разнотипных озёр Центральной Якутии
1983	Мярикянов М.И., Егорова М.С., Кормухина И.В. [и др.]	Биохимическая ценность сапропелей озёр Якутии
1998	Иванов К.П.	Сапропели озёр Центральной Якутии (классификация, темпы седиментации, охрана, использование)
2000	Иванов К.П., Герасимова М.А.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в озёрных отложениях озёр Центральной Якутии
2000	Корнилова Т.И.	Добыча сапропелей как возможный метод рекультивации озёрных водоёмов
2014	Иванов, К. П., Слепцова М. В., Герасимова Л. В.	Сапропелевые отложения озёр Якутии и возможности их использования как ценное сырьё
2015	Иванов, К. П., Слепцова М. В., Герасимова Л. В.	Содержание фосфора в сапропелевых отложениях озёр Центральной Якутии
<b>Реконструкция растительности и климата (спорowo-пыльцевой метод)</b>		
1989	Андреев А.А., Климанов В.А.	Природные условия Центральной Якутии в поздне-последнеледниковье
1989	Андреев А.А., Климанов В.А., Сулержинский Л.Д. [и др.]	Хронология ландшафтно-климатических изменений Центральной Якутии в голоцене
2000	Андреев А.А.	История растительности и климата Центральной Якутии в голоцене и позднеледниковье

2002	Андреев А.А., Климанов В.А., Сулержинский Л.Д.	История растительности и климата Центральной Якутии в позднеледниковье и голоцене
<b>Реконструкция окружающей среды (диатомовый метод)</b>		
1994	Пестрякова Л. А.	Эволюция озёрных экосистем Центральной Якутии по материалам диатомового анализа донных отложений
1995	Пестрякова Л.А.	Озеро Улахан-Чабыда. Центральная Якутия
1998	Пестрякова Л.А.	Диатомеи донных отложений озера Нуочаха (бассейн Средней Лены)
2000	Пестрякова Л.А.	Диатомовые комплексы озёрных отложений Якутии в голоцене
2008	Пестрякова Л.А., Субетто Д.А., Герасимова М.А. [и др.]	Эволюция природной среды Центральной Якутии в голоцене
2008	Субетто Д. А., Пестрякова Л. А.	Лимнологические и палеолимнологические исследования озёр Центральной Якутии
2009	Пестрякова Л. А.	Закономерности развития озёр Якутии и их современное состояние (по материалам диатомового анализа донных отложений)
2012	Pestryakova L. A., Herzsuh U., Wetterich S. [et al]	Present-day variability and Holocene dynamics of permafrost-affected lakes in central Yakutia (Eastern Siberia) inferred from diatom records
2022	Glückler R., Geng R., Grimm L. [et al.]	Holocene wildfire and vegetation dynamics in Central Yakutia, Siberia, reconstructed from lake-sediment proxies
2023	Baisheva I., Pestryakova L., Levina S., [et al]	Permafrost-thaw Lake development in Central Yakutia: sedimentary ancient DNA and element analyses from a Holocene sediment record
<b>Реконструкция климата (хирономидный метод)</b>		
2008	Nazarova L. B., Pestryakova L. A., Ushnitskaya L. A. [et al.]	Chironomids (Diptera: Chironomidae) in lakes of central Yakutia and their indicative potential for paleoclimatic research
2008	Назарова Л. Б., Хуббертен Х. В., Пестрякова Л. А. [и др.]	Индикаторный потенциал хирономид (Diptera: Chironomidae) озёр Центральной Якутии для палеоклиматических исследований
2011	Nazarova L., Herzsuh U., Wetterich S. [et al.]	Chironomid-based inference models for estimating mean July air temperature and water depth from lakes in Yakutia, northeastern Russia
2013	Nazarova L., Lüpfer H., Diekmann B. [et al.]	Holocene climate conditions in central Yakutia (Eastern Siberia) inferred from sediment composition and fossil chironomids of Lake Temje
<b>Реконструкция окружающей среды (клагоцерный метод)</b>		
2016	Frolova L.A., Kotov A.A., Ulrich M.	Ephippia as bioindicator of thermokarst lake history in Central Yakutia (Eastern Siberia, Russia)
2017	Frolova L.A., Ibragimova A.G., Ulrich M. [et al.]	Reconstruction of the history of a thermokarst lake in the Mid-Holocene based on an analysis of subfossil Cladocera (Siberia, Central Yakutia)
<b>Морфометрические показатели</b>		
1983	Пестрякова Л.А.	Типологическое значение морфометрических показателей озёр Центральной Якутии
2012	Нестерева М. И.	Характеристика озёр Амгинского района по морфометрическим признакам
2014	Уиницкая Л. А., Пестрякова Л. А., Субетто Д. А. [и др.]	Морфометрическая характеристика озёр Лено-Амгинского междуречья

2021	<i>Ушницкая Л. А., Городничев Р. М., Пестрякова Л. А.</i>	Морфометрические и гидрохимические характеристики озёр сельских поселений Усть-Алданского района (Центральная Якутия)
2022	<i>Ушницкая Л.А., Городничев Р.М.</i>	Морфометрические и гидрохимические параметры озёр Намского улуса (центральная Якутия)
<b>Гидробиологические исследования</b>		
1969	<i>Комаренко Л.Е.</i>	Гидробиологическая изученность пресных водоёмов Якутии
1983	<i>Ларионова А.М.</i>	Гидробиологическая характеристика озёр Лено-Таттинского междуречья
1983	<i>Федорова А.И., Ларионова А.М.</i>	Изменение численности и биомассы зоопланктона и зообентоса в разнотипных озёрах Центральной Якутии
2000	<i>Кириллов А.Ф.</i>	Карась озёр Центральной Якутии
2000	<i>Соколова В.А., Салова Т.А., Лабутина Т.М.</i>	Особенности формирования зоопланктона и зообентоса в аласных озёрах Якутии
2013	<i>Собакина И. Г.</i>	Современное состояние зоопланктона озёр Лено-Амгинского междуречья
<b>Вопросы биоразнообразия и биоиндикации</b>		
1935	<i>Киселев И.А.</i>	Фитопланктон озёр Центральной Якутии по материалам лимносъёмки 1932 г.
1974	<i>Ларионова А.М.</i>	Зоопланктон и зообентос озёр Центральной Якутии и их значение в питании рыб: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук
1992	<i>Васильева И.И., Пшенинкова Е.В.</i>	Сезонные изменения численности и биомассы водорослей некоторых аласных озёр Лено-Амгинского междуречья
19936	<i>Пшенинкова Е.В.</i>	Диатомовые водоросли аласных озёр Центральной Якутии
1999	<i>Пшенинкова Е.В.</i>	Современное состояние аласных озёр Центральной Якутии
1999	<i>Иванова А.П., Копырина Л.И.</i>	Биоразнообразие водорослей озёр средней Лены
1999	<i>Пестрякова Л.А., Андреева Л.С.</i>	Применение коэффициента сходства для изучения диатомовых комплексов озёрных отложений Центральной Якутии
2000	<i>Пшенинкова Е.В.</i>	Водоросли аласных озёр Лено-Амгинского междуречья
2004	<i>Пшенинкова Е.В., Иванова А.П., Салова Т.А. [и др.]</i>	Современное состояние озёр Центральной Якутии, и оценка качества воды по биологическим показателям
2005	<i>Пестрякова Л.А., Ушницкая Л.А., Собакина И.Г. [и др.]</i>	Предварительная оценка качества вод водохранилищ водовода Лена-Туора-Кюель
2005	<i>Пестрякова Л.А.</i>	Диатомовые водоросли в осадках озёр Верхней Татты
2007	<i>Пестрякова Л. А., Босиков Н. П., Ксенофонтова М. И.</i>	Диатомовые комплексы и химизм воды термокарстовых озёр Юкэчинского полигона
2008	<i>Wetterich S., Herzschuh U., Meyer H. [et al.]</i>	Evaporation effects as reflected in freshwaters and ostracod calcite from modern environments in Central and Northeast Yakutia (East Siberia, Russia)
2008	<i>Пестрякова Л.А.</i>	Анализ пространственного разнообразия диатомей озёр Якутии
2010	<i>Ушницкая Л. А., Ксенофонтова М. И., Пестрякова Л. А.</i>	Антропогенная трансформация озёрных экосистем сельских местностей бассейна Верхней Татты (центральная Якутия)
2010	<i>Пестрякова Л. А., Харламьева П.И., Херциух У.</i>	Биоиндикационная оценка некоторых озёр Центральной Якутии
2010	<i>Иванова А.П.</i>	Структура фитопланктона озёра Улахан-Сыххан (Лено-Амгинское междуречье)

<b>Оценка современного геоэкологического состояния озёр (разными методами)</b>		
1999	Иванова А.П.	Современное состояние водорослей озёр долины средней Лены
2004	Пестрякова Л.А., Пшенинкова Е.В., Ушницкая Л.А. [и др.]	Оценка состояния озёр населённых пунктов верховья реки Татта
2004	Пшенинкова Е.В., Иванова А.П., Салова Т.А. [и др.]	Современное состояние озёр Центральной Якутии, и оценка качества воды по биологическим показателям
2005	Ksenofontova M., Kumke, T., Pestryakova, L. [et al]	Limnological characteristics of lakes in Central Yakutia
2007	Kumke, T., Ksenofontova M., Pestryakova L. [et al]	Limnological characteristics of lakes in the lowlands of Central Yakutia, Russia
2008	Ксенофонтова М.И., Ушницкая Л.А.	Экологическое состояние озёр Лено-Амгинского междуречья
2009	Ксенофонтова М. И.	Геоэкологическая оценка современного состояния озёр Центральной Якутии
2010	Ушницкая Л. А., Ксенофонтова М. И., Пестрякова Л. А.	Антропогенная трансформация озёрных экосистем сельских местностей бассейна Верхней Татты (Центральная Якутия)
2018	Эверстов Н.В., Городничев Р. М., Левина С. Н. [и др.]	Лимнологический мониторинг озёр бассейна реки Таатта (на примере Хоптогинского наслега Чурапчинского района)
2019	Жирков И. И., Трофимова Т. П., Тастыгина С. [и др.]	Лимнологическая характеристика озера Килянки Чурапчинского улуса РС (Я)
2023	Егоров А.В.	Геоэкологический мониторинг состояния озёр реликтового аласа Тюнъюлю (с применением диатомового анализа)
<b>Хозяйственное использование. Рекомендации</b>		
2006	Мартынова Г.А., Туренко Ф.П., Жирков И. И.	Поверхностные воды Якутии как источник питьевого водоснабжения. Качество и особенности водоподготовки Основные озёропользовательские проблемы Якутии
2014		
2017	Жирков И. И., Жирков К. И., Трофимова Т. П.	Краткие научно-практические выводы и рекомендации по результатам рекогносцировки ковшового водозабора Лена - Туора-Кюель
2018	Жирков И. И., Жирков К. И., Трофимова Т. П.	К вопросу использования озёрных ресурсов для водоснабжения с. Чурапча Чурапчинского улуса РС(Я)
2022	Городничев Р. М., Левина С. Н., Давыдова П. В. [и др.]	Хозяйственное значение озёр для жителей Якутии
2022	Городничев Р. М., Левина С. Н., Давыдова П. В. [и др.]	Мероприятия по снижению негативного воздействия на озёра Якутии
<b>Зарегистрированные БД озёр</b>		
2014	Пестрякова Л. А., Ушницкая Л. А., Субетто Д. А. [и др.]	Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621709 Российская Федерация. Озёра Центральной Якутии
2021	Трофимова Т. П., Собакина И. Г., Жирков И. И.	Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021620048 Российская Федерация. Зоопланктонные и некоторые химические показатели вод озёр правобережья р. Лена по генетическим типам



## Приложение 2 – Список изученных озёр по террасам среднего течения реки Лена

<i>Террасы р. Лены</i>		<i>Озеро</i>		<i>Географические координаты, °</i>		<i>Высота над у. м., м</i>	<i>Бассейн реки, междуречье</i>	
<i>Код</i>	<i>Название</i>	<i>Код</i>	<i>Название</i>	<i>Широта</i>	<i>Долгота</i>		<i>Название</i>	<i>Расстояние, км</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
А	Абалахская	L107	Албыннабыт	61.0863055556	132.3255166667	103	Амга	6,0
А	Абалахская	L111	Осохтоох	61.0895166667	132.3355722222	182	Амга	5,5
А	Абалахская	L112	Уялах	61.0884861111	132.326175	206	Амга	6,1
А	Абалахская	L123	Майдаган	61.5858527778	131.4235833333	174	Суола	0,6
А	Абалахская	L124	Ламы	61.5731083333	131.3917972222	197	Суола	3,7
А	Абалахская	L128	Усун-Кюёль-1	61.0455833333333	132.289936111111	169	Амга	1,8
А	Абалахская	L130	Емельяновка	61.0320333333	132.2432527778	175	Амга	2,9
А	Абалахская	L133	Алтан-Ымыя	61.09115	132.342636111111	197	Амга	5,1
А	Абалахская	L135	Улахан-Халкыда	61.0767833333333	132.430508333333	147	Амга	1,8
А	Абалахская	L210	Озеро В-4	61.7609833333333	130.470997222222	227	Суола-Мыла	15,4
А	Абалахская	L211	Озеро В-5	61.7599916666667	130.471997222222	227	Суола-Мыла	15,4
А	Абалахская	L212	Озеро В-6	61.7609861111111	130.474	227	Суола-Мыла	15,3
А	Абалахская	L213	Юкечи	61.7653166666667	130.463488888889	209	Суола-Мыла	15,8
А	Абалахская	L214	Озеро Х	61.7705638888889	130.468441666667	221	Суола-Мыла	15,5
А	Абалахская	L215	Бютяйдях	61.6377861111	131.3883055556	181	Суола	0,7
А	Абалахская	L224	Кюндэ	61.6125444444444	130.704016666667	201	Мыла	2,2
А	Абалахская	L225	Кыгыыйа	61.6178555555556	130.707238888889	199	Мыла	1,8
А	Абалахская	L61	Табага	61.6606666666667	131.007536111111	158	Суола	7,5
А	Абалахская	L63	Чэлгэннэх	61.6673472222	130.9125861111	188	Суола	7,5
А	Абалахская	L66	Кюрдьэх	61.6250611111	131.3574361111	184	Суола	0,6
А	Абалахская	L68	Бюёр-Келлойэ	61.6630194444	130.9552666667	185	Суола	7,1
А	Абалахская	L254	Тюнгютте	62.1569	134.2701861111	123,3	Амга	4,0
А	Абалахская	L260	Уорга	62.3060111111	132.954275	194,8	Лена-Татта алас	19,6
А	Абалахская	L261	Бырыылаах	62.3036861111	132.9348055556	196,1	Танда-Татта (алас)	20,2
А	Абалахская	L262	Диринг	62.3413472222	132.9972	173,4	Танда-Татта (алас)	21,4
А	Абалахская	L02	Бэлэнньики	61.772825	132.0620861111	212	Татта	8,1
А	Абалахская	L03	Бютяйдях	61.7558111111	131.9932805556	216	Татта	6,9

## Продолжение приложения 2

А	Абалахская	L04	Самнагайдаах	61.78235	132.0534833333	196	Татга	8,6
А	Абалахская	L05	Локоруку	61.7488805556	132.0306222222	131	Татга	6,5
А	Абалахская	L06	Урасалаах	61.7266194444	131.9681388889	232	Татга	8,5
А	Абалахская	L07	Таргьях	61.7229222222	131.952525	233	Татга	8,0
А	Абалахская	L08	Туора Кюель	61.7247472222	131.9405166667	229	Татга	8,4
А	Абалахская	L09	Кэтит Кюель	61.7249833333	131.8774861111	220	Лена-Татга алас	11,6
А	Абалахская	L10	Арыылаах	61.7336944444	131.9154722222	221	Лена-Татга алас	13,6
А	Абалахская	L11	Юнеля	61.7015305556	131.9430833333	236	Татга	7,8
А	Абалахская	L12	Аргаа Дегюдяй	61.7379416667	131.9615333333	236	Лена-Татга алас	8,7
А	Абалахская	L13	Илин Дегюдяй	61.7402444444	131.9783833333	235	Татга	8,3
А	Абалахская	L14	Юрях Эбэ	61.6455444444	32.0860833333	245	Татга	0,7
А	Абалахская	L15	Эбэ	61.8056833333	132.3785194444	189	Татга	7,1
А	Абалахская	L18	Улуу-Сысы	62.0039388889	132.5507472222	154	Татга	4,9
А	Абалахская	L19	Имигиттэ-1	62.0095194444	132.5529472222	166	Татга	4,5
А	Абалахская	L20	Буор-Дьибэ	62.00725	132.6115972222	173	Татга	1,7
А	Абалахская	L21	Хангас-Эбэ	62.0139138889	132.6078166667	173	Татга	0,9
А	Абалахская	L22	Ойбон-Кюель-1	62.0026027778	132.6335194444	162	Татга	0,5
А	Абалахская	L23	Лахальды	61.9937611111	132.6189194444	158	Татга	0,4
А	Абалахская	L237	Юрюнг Кюель	61.7528777778	132.0144138889	202	Татга	7,1
А	Абалахская	L238	Чычаас-1	61.8389638889	132.1450055556	183	Татга	4,9
А	Абалахская	L239	Моголлой	61.908425	132.3265388889	166	Татга	0,9
А	Абалахская	L24	Лампа-1	61.8443888889	132.2143055556	175	Татга	0,6
А	Абалахская	L241	Озеро-24	61.9671472222	132.2485444444	182	Татга	7,2
А	Абалахская	L242	Кыгальктаах	61.8030277778	132.0894361111	198	Татга	7,1
А	Абалахская	L243	Озеро-26	61.9026138889	132.2076611111	187	Татга	4,8
А	Абалахская	L244	Озеро-27	61.8894972222	132.1625055556	200	Татга	5,7
А	Абалахская	L245	Тымпы	61.9398777778	132.164275	171	Татга	8,7
А	Абалахская	L246	Ньюкулуку	61.9451527778	132.1445138889	207	Лена-Татга алас	9,8
А	Абалахская	L26	Лампа-2	61.8408722222	132.1872222222	167	Татга	1,9
А	Абалахская	L27	Диринг	61.9809861111	132.1659666667	172	Лена-Татга алас	11,6
А	Абалахская	L28	Харбала-2	62.0410777778	132.7580222222	183	Татга	0,4
А	Абалахская	L29	Харбачайы	62.0357611111	132.7234305556	182	Татга	0,3
А	Абалахская	L30	Еленнях	61.8402972222	132.0918777778	186	Татга	7,1
А	Абалахская	L42	Чэччимэ	61.9923027778	132.2273722222	175	Лена-Татга алас	10,2

А	Абалахская	L43	Юрэх-Кере	61.8097527778	132.4083111111	184	Татга	8,5
А	Абалахская	L49	Харбала-1	61.9884277778	132.5805333333	182	Татга	0,3
А	Абалахская	L50	Сугулаан	61.9824805556	132.5697861111	161	Татга	0,7
Б	Бестяхская	L222	Чохтохой	62.1046527777778	130.228697222222	130	Суола	2,4
Б	Бестяхская	L223	Чай Кюель	62.0152833333333	130.061022222222	138	Оленгнөх-Суола алас	9,8
Б	Бестяхская	L270	Ытык-Кюель	62.1049666667	130.0055777778	110	Суола	4,5
Б	Бестяхская	L271	Токур-Кюель	62.1172333333	130.0208111111	96	Суола	5,8
Б	Бестяхская	L143	Элэсин	62.2018638889	133.2987138889	185	Татга	3,2
Б	Бестяхская	L144	Дьара	62.1749055556	133.2033722222	175	Татга	0,6
Б	Бестяхская	L145	Хадарганчи	62.1789555556	133.2272305556	174	Татга	0,3
Б	Бестяхская	L146	Илин-Лыбачаай	62.269575	133.4807944444	176	Татга	0,5
Б	Бестяхская	L149	Дьон Этеге	62.1155805556	133.0157222222	176	Татга	0,8
Б	Бестяхская	L150	Кыйы	62.1180361111°	133.0394833333	174	Татга	0,5
Б	Бестяхская	L251	Булгуняхтах Сайылыгын Кюеля	62.0314444444	133.4626361111	150,6	Татга	3,1
Б	Бестяхская	L200	Бэттиэмэ	62.4440277778	130.2883	127	Мас-Юрэх-Оленгнөх	11,4
Н	Низкая надпойменная	L248	Ойбон-Кюель	62.255775	134.521625	118	Амга	1,2
М	Маганская	L114	Кердеген (Арылаах)	61.577025	131.5825055556	236	Суола	1,0
М	Маганская	L115	Лампа	61.5527694444444	131.622419444444	249	Суола	3,7
М	Маганская	L120	Осох	61.4779777777778	131.476327777778	213	Суола	1,0
М	Маганская	L122	Ынах-Баса	61.5010694444444	131.486391666667	196	Суола	0,1
М	Маганская	L219	Озеро-20	62.1295083333333	131.222688888889	169	Оленгнөх-Суола алас	14,0
М	Маганская	L226	Хачыма	61.5546027777778	130.541516666667	219	Мыла-Тамма	12,8
М	Маганская	L227	Аргаа Бэрэ	61.5684166666667	130.570038888889	203	Мыла-Тамма	9,6
М	Маганская	L228	Маган Сыдых	61.5723777777778	130.614377777778	198	Мыла-Тамма	7,9
М	Маганская	L73	Нуорагана	62.1486861111	131.06725	173	Оленгнөх-Суола алас	14,0
М	Маганская	L74	Родовое	62.1515194444	131.0298916667	177	Оленгнөх-Суола алас	14,0
М	Маганская	L141	Тиргэлиир	62.3158944444	132.9069611111	219	Танда-Татга (алас)	22,0
М	Маганская	L148	Сатагай	62.2384277778	134.6141083333	138	Амга	2,1
М	Маганская	L151	Чымнайи	62.2467611111	134.5754	136	Амга	1,3
М	Маганская	L234	Без названия 2	62.3867138889	133.7441388889	190	Татга	8,5
М	Маганская	L235	Без названия 3	62.3296194444	133.6646194444	278	Татга	4,6

*Продолжение приложения 2*

М	Маганская	L253	Сукулэ Бырыыта	62.373475	132.8780111111	198	Лена-Татта алас	36,0
М	Маганская	L255	Еленнях	62.4197222222	132.8703194444	204,8	Лена-Татта алас	36,0
М	Маганская	L256	Кымыс	62.4189694444°	132.911825	203,4	Лена-Татта алас	33,0
М	Маганская	L257	Кенгюл Бырыылага	62.3991166667	132.87355	201,3	Лена-Татта алас	34,5
М	Маганская	L258	Улахан Сайылык Кердюгене	62.2955722222	132.9766027778	191,8	Танда-Татта (алас)	18,0
М	Маганская	L259	Мемен	62.3363694444	132.9187777778	175,2	Танда-Татта (алас)	22,5
М	Маганская	L156	Арга-Кердюген	62.3911888889	131.7921583333	206	Мас-Юрях-Танда	1,5
М	Маганская	L159	Боччон	62.438575	131.6173111111	198	Мас-Юрях-Танда	36,0
М	Маганская	L160	Дирин	62.4447166667	131.5732694444	192	Мас-Юрях-Танда	31,0
М	Маганская	L168	Ухарыкы	62.4482027778	130.9274888889	156	Мас-Юрях	7,5
М	Маганская	L201	Олорор	62.4009611111	131.5581555556	194	Мас-Юрях-Танда	35,0
М	Маганская	L202	Илин Кердюген	62.4151138889	131.5613638889	205	Мас-Юрях-Танда	34,0
М	Маганская	L203	Алаас	62.3827861111	131.4666972222	151	Лена-Танда алас	32,0
М	Маганская	L204	Кэтитики	62.4081361111	131.5992083333	215	Мас-Юрях-Танда	32,0
М	Маганская	L16	Нама-1	62.2461861111	132.38055	202	Лена-Танда алас	23,0
М	Маганская	L17	Нама-2	62.2454805556	132.4123	220	Лена-Танда алас	19,3
М	Маганская	L247	Озеро-21	62.0016527778	131.81825	208	Лена-Татта алас	28,4
М	Маганская	L31	Улахан-Кюель	62.2563833333	132.131325	202	Лена-Татта алас	20,0
М	Маганская	L34	Дирин-1	61.838075	132.1240444444	179	Татта	5,2
М	Маганская	L35	Ойбон-Кюель-2	62.171325	132.1549305556	186	Лена-Татта алас	32,5
М	Маганская	L36	Тандара	62.1825083333	132.1459916667	188	Лена-Татта алас	33,3
М	Маганская	L37	Усун-Кюель	62.1576	132.1876583333	182	Лена-Татта алас	29,5
М	Маганская	L38	Кюгюню-Суут	62.3645388889	132.5732611111	227	Танда-Татта (алас)	16,0
М	Маганская	L39	Ураса-Кэннэ	62.38505	132.5563444444	226	Танда-Татта (алас)	16,0
М	Маганская	L40	Будур	62.3353694444	132.666125	228	Танда-Татта (алас)	22,5
М	Маганская	L44	Лоскуй	62.2525972222	132.3306888889	215	Лена-Танда алас	19,0
М	Маганская	L45	Кэрэхтээх	62.26495	132.3567305556	221	Лена-Танда алас	18,0
М	Маганская	L46	Мугудай	61.9855888889	131.9048944444	186	Лена-Татта алас	24,5
М	Маганская	L47	Лыбынтах	61.9732388889	131.8786722222	195	Лена-Татта алас	25,0
М	Маганская	L48	Буоратай	61.9945194444	131.8742972222	183	Лена-Татта алас	24,3
Т	Тюнгюлунская	L109	Усун-Кюель	61,21065278	132,7016583	164	Амга	0,8

## Продолжение приложения 2

T	Тюнгюлонская	L110	Тонгус-Кыга	61.25975833333333	132.67005	148	Амга	1,9
T	Тюнгюлонская	L113	Тураннах	61.0862444444	132.3274333333	162	Амга	6,1
T	Тюнгюлонская	L116	Мотгохой	60.9352888888889	132.123552777778	175	Амга	2,6
T	Тюнгюлонская	L117	Маххасайдах	60.9385361111111	132.162127777778	178	Амга	2,8
T	Тюнгюлонская	L118	Санга-Кюель	60.9242388888889	132.171377777778	173	Амга	0,5
T	Тюнгюлонская	L119	Кулусуннах	60.9372666666667	132.146441666667	181	Амга	1,8
T	Тюнгюлонская	L217	Тэппэ	61.7203361111	130.4368916667	167	Суола-Мыла	5,5
T	Тюнгюлонская	L232	Ойбон	61.7041583333333	130.370247222222	160	Суола-Мыла	3,5
T	Тюнгюлонская	L52	Дюедя	61.7318166667	130.2596694444	190	Суола-Мыла	7,1
T	Тюнгюлонская	L53	Отго	62.2736805556	130.6518666667	142	Оленгнөх	16,0
T	Тюнгюлонская	L54	Сэгэлэй	62.2073916667	130.7148222222	120	Оленгнөх-Суола алас	9,0
T	Тюнгюлонская	L55	Лама	61.9989138889	130.5762916667	139	Суола	0,7
T	Тюнгюлонская	L56	Уулаах	61.8259361111	130.7067777778	108	Суола	3,8
T	Тюнгюлонская	L57	Элэсин	61.8078722222	130.7056805556	137	Суола	2,7
T	Тюнгюлонская	L58	Арылаах	61.9030138889	130.5936694444	142	Суола	0,5
T	Тюнгюлонская	L59	Бердъигэстээх	61.8478916667	130.5204083333	125	Суола	6,2
T	Тюнгюлонская	L62	Ломтука	61.6409888889	130.0864055556	169	Мыла-Тамма	4,7
T	Тюнгюлонская	L64	Буукам	61.707225	130.3577777778	164	Суола-Мыла	5,3
T	Тюнгюлонская	L65	Чюйэ	61.7196944444	130.3632222222	152	Суола-Мыла	5,0
T	Тюнгюлонская	L67	Елечей	61.7050777778	131.2621222222	169	Суола	0,7
T	Тюнгюлонская	L69	Майя	61.7371361111	130.2413611111	115	Суола-Мыла	7,6
T	Тюнгюлонская	L70	Неммере	62.2073916667	130.7743416667	177	Оленгнөх-Суола алас	17,3
T	Тюнгюлонская	L71	Бюёр	61°48'44.24"C	130°17'27.18"В	159	Суола-Мыла	24,5
T	Тюнгюлонская	L72	Токур-Дулга	61°47'47.06"C	130°27'19.34"В	190	Суола-Мыла	11,7
T	Тюнгюлонская	L75	Балыктаах	62.3506694	130.6590056	131	Оленгнөх	17,0
T	Тюнгюлонская	L76	Матта	62.3449194444	130.6675166667	140	Мас-Юрях-Оленгнөх	4,3
T	Тюнгюлонская	L137	Дюлган	62.0920277778	134.3730583333	127	Амга	1,8
T	Тюнгюлонская	L138	Тууста	62.6297222222	132.5972	160	Татта	1,8
T	Тюнгюлонская	L139	Уолба	62.6230833333	133.5847222222	160	Татта	2,4
T	Тюнгюлонская	L140	Хабык	62.6251416667	133.5935	157	Татта	1,9
T	Тюнгюлонская	L142	Тенгюргестях	62.1082444444	134.3619916667	131	Амга	1,3

*Продолжение приложения 2*

Т	Тюнгюлонская	L147	Харбалах	62.1960277778	134.2338083333	130	Амга	0,8
Т	Тюнгюлонская	L249	Боробул	62.2793611111	133.4785472222	157,1	Татга	1,0
Т	Тюнгюлонская	L250	Чэлгэйи	62.1560944444	133.1443055556	160,8	Татга	1,2
Т	Тюнгюлонская	L252	Кыра Мэкэйи	62.1000916667	134.3484583333	121,5	Амга	2,5
Т	Тюнгюлонская	L152	Юрюнг-Сюмюя	63.0786222222	130.3251111111	143	Лена-Алдан	27,0
Т	Тюнгюлонская	L153	Талах-Ары	62.5774083333	130.8324916667	150	Лена-Танда алас	13,2
Т	Тюнгюлонская	L154	Сырдах	62.5702	130.88355	173	Лена-Татга алас	14,0
Т	Тюнгюлонская	L155	Огус-Харага	62.7754611111	130.69195	146	Лена-Танда алас	30,7
Т	Тюнгюлонская	L157	Уолбут	62.7841416667	130.7269527778	123	Лена-Танда алас	31,0
Т	Тюнгюлонская	L158	Быллар	62.7492444444	130.532825	141	Лена-Танда алас	31,5
Т	Тюнгюлонская	L161	Тымпы-Баса	62.7843	130.7586805556	148	Лена-Танда алас	33,6
Т	Тюнгюлонская	L162	Усун-Кюёль	62.8699416667	130.8497916667	163	Лена-Татга алас	31,0
Т	Тюнгюлонская	L163	Туйма	62.3970416667	130.8676333333	167	Мас-Юрях	0,5
Т	Тюнгюлонская	L164	Беидинге	62.3835111111	130.862075	145	Мас-Юрях	0,9
Т	Тюнгюлонская	L165	Кюрюёлях	62.8897805556	130.3508666667	127	Лена-Татга алас	25,8
Т	Тюнгюлонская	L166	Арылах	62.4468638889	130.9901611111	142	Мас-Юрях	7,5
Т	Тюнгюлонская	L167	Токур	62.8510694444	130.5065472222	125	Лена-Алдан	28,0
Т	Тюнгюлонская	L169	Балыктаах	63.07855	130.4234611111	115	Лена-Алдан	26,4
Т	Тюнгюлонская	L170	Дюедя	63.1023027778	130.4736083333	141	Лена-Алдан	21,0
Т	Тюнгюлонская	L171	Куталах-1	63.1171	130.526425	137	Лена-Алдан	19,0
Т	Тюнгюлонская	L172	Моторин	62.9911	130.4328583333	120	Лена-Алдан	25,7
Т	Тюнгюлонская	L173	Тымпы	63.0406111111	130.5325388889	121	Лена-Алдан	24,0
Т	Тюнгюлонская	L174	Текиде	62.9861611111	130.64315	120	Лена-Алдан	29,8
Т	Тюнгюлонская	L175	Тегерятте-Дулгата	63.0230111111	130.7569777778	126	Лена-Алдан	25,6
Т	Тюнгюлонская	L176	Арга-Тыймыгтах	63.0927166667	130.6997416667	136	Лена-Алдан	17,3
Т	Тюнгюлонская	L177	Куруку	63.1317527778	130.7143527778	115	Лена-Алдан	14,5
Т	Тюнгюлонская	L178	Куталах-2	62.9164666667	131.0332	130	Лена-Алдан	37,0
Т	Тюнгюлонская	L179	Ойгос	62.9158888889	131.0214861111	137	Лена-Алдан	36,1
Т	Тюнгюлонская	L180	Хатыннах	62.9171138889	131.0512583333	128	Лена-Алдан	36,6
Т	Тюнгюлонская	L181	Хомустах	62.7025194444	130.864	137	Лена-Татга алас	42,0
Т	Тюнгюлонская	L205	Мюрю	62.669575	131.1088888889	102	Лена-Танда алас	30,0
Э	Эмиская	L108	Кыака	61.4831888889	131.6077083333	226	Суола	5,4

*Продолжение приложения 2*

Э	Эмиская	L121	Багады	61.4926861111111	131.491222222222	200	Суола	0,3
Э	Эмиская	L125	Санга-Кюель-2	61.4640888888889	131.495744444444	215	Суола	0,6
Э	Эмиская	L126	Уоттах	61.4200805556	131.4850972222	226	Суола	0,5
Э	Эмиская	L127	Ынах-Кюель	61°24'55.52"С	131°29'37.02"В	217	Суола	0,2
Э	Эмиская	L129	Хангас-Алас	61.379375	131.148308333333	266	Суола-Тамма	17,6
Э	Эмиская	L131	Илин-Тегеряте	61.36355	131.1650277778	259	Суола-Тамма	18,8
Э	Эмиская	L132	Куду	61.3738416666667	131.195936111111	253	Суола-Тамма	19,3
Э	Эмиская	L134	Абага-Кюель (Чирайы)	61.3764166666667	131.112858333333	266	Суола-Тамма	15,7
Э	Эмиская	L136	Тугулутта	61.412225	131.2100222222	260	Суола-Тамма	17,9
Э	Эмиская	L209	Без названия 1	61.4072083333333	131.117155555556	256	Суола-Тамма	19,2
Э	Эмиская	L221	Оччугуй Кэнгэримэ	61.4039944444444	130.556152777778	228	Тамма	3,2
Э	Эмиская	L229	Балыбырбыт	61.551175	130.861672222222	252	Суола-Мыла	3,9
Э	Эмиская	L230	Озеро-18	61.5487305555556	130.888952777778	215	Суола-Мыла	5,2
Э	Эмиская	L231	Тойогой	61.5462027777778	130.903727777778	250	Мыла	1,2
Э	Эмиская	L51	Улахан-Кюэль	61.8078722222	130.7532944444	199	Мыла	1,3
Э	Эмиская	L60	Бырама (Мючюкей)	61.4870888889	131.3574361111	241	Суола-Тамма	17,4
Э	Эмиская	L01	Улахан Эбэ	61.5809361111	132.0900083333	257	Татта	0,9
Э	Эмиская	L236	Тураах Уйата	61.6543472222	132.0890055556	257	Татта	0,5
Э	Эмиская	L240	Озеро-22	62.0062444444	131.7045972222	207	Лена-Татта алас	33,6

**Приложение 3 – Список изученных озёр по генетической классификации их котловин**

<i>Классификация озера по генезису</i>		<i>Озеро</i>		<i>Географические координаты, °</i>	
<i>код</i>	<i>тип</i>	<i>код</i>	<i>название</i>	<i>широта</i>	<i>долгота</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L108	Кыака	61.4831888889	131.6077083333
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L114	Кердеген (Арылаах)	61.577025	131.5825055556
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L115	Лампа	61.5527694444444	131.622419444444
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L120	Осох	61.4779777777778	131.476327777778
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L126	Уотгах	61.4200805556	131.4850972222
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L131	Илин-Тегерятте	61.36355	131.1650277778
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L133	Алтан-Ымыя	61.09115	132.342636111111
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L138	Тууста	62.6297222222	132.5972
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L139	Уолба	62.6230833333	133.5847222222
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L140	Хабык	62.6251416667	133.5935
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L141	Тиргэлиир	62.3158944444	132.9069611111
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L153	Талах-Ары	62.5774083333	130.8324916667
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L161	Тымпы-Баса	62.7843	130.7586805556
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L163	Туйма	62.3970416667	130.8676333333
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L179	Ойогос	62.9158888889	131.0214861111
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L180	Хатыннах	62.9171138889	131.0512583333
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L19	Имигитгэ-1	62.0095194444	132.5529472222
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L20	Буор-Дьизэ	62.00725	132.6115972222
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L21	Хангас-Эбэ	62.0139138889	132.6078166667
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L22	Ойбон-Кюель-1	62.0026027778	132.6335194444
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L226	Хачыма	61.554602777778	130.541516666667
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L227	Аргаа Бэрэ	61.568416666667	130.570038888889
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L228	Маган Сыдых	61.572377777778	130.614377777778
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L229	Балыбырбыт	61.551175	130.861672222222



ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L230	Озеро-18	61.5487305555556	130.888952777778
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L231	Тойгой	61.5462027777778	130.903727777778
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L251	Булгуняхтах Сайбылыгын Кюеля	62.0314444444	133.4626361111
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L257	Кенгюл Бырыылага	62.3991166667	132.87355
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L260	Уорга	62.3060111111	132.954275
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L262	Диринг	62.3413472222	132.9972
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L27	Диринг	61.9809861111	132.1659666667
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L28	Харбала-2	62.0410777778	132.7580222222
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L31	Улахан-Кюель	62.2563833333	132.131325
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L36	Тандара	62.1825083333	132.1459916667
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L37	Усун-Кюель	62.1576	132.1876583333
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L51	Улахан-Кюёль	61.8078722222	130.7532944444
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L53	Отго	62.2736805556	130.6518666667
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L55	Лама	61.9989138889	130.5762916667
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L57	Элэсин	61.8078722222	130.7056805556
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L60	Бырама (Мючюкей)	61.4870888889	131.3574361111
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L61	Табага	61.6606666666667	131.007536111111
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L63	Чэлгэннэх	61.6673472222	130.9125861111
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L65	Чюйэ	61.7196944444	130.3632222222
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L67	Елечей	61.7050777778	131.2621222222
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L73	Нуорагана	62.1486861111	131.06725
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L74	Родовое	62.1515194444	131.0298916667
ЕТ	Эрозионно-термокарстовый	L75	Балыктаах	62.3506694	130.6590056
ЕТА	Эрозионно-термокарстовый антропогенный	L01	Улахан Эбэ	61.5809361111	132.0900083333
ЕТА	Эрозионно-термокарстовый антропогенный	L151	Чымнайи	62.2467611111	134.5754
ЕТА	Эрозионно-термокарстовый антропогенный	L18	Улуу-Сысы	62.0039388889	132.5507472222
ЕТА	Эрозионно-термокарстовый антропогенный	L215	Бютяйдях	61.6377861111	131.3883055556
ЕТА	Эрозионно-термокарстовый антропогенный	L249	Боробул	62.2793611111	133.4785472222
ЕТА	Эрозионно-термокарстовый антропогенный	L259	Мемен	62.3363694444	132.9187777778
ЕТА	Эрозионно-термокарстовый антропогенный	L29	Харбачаайы	62.0357611111	132.7234305556
ЕТА	Эрозионно-термокарстовый антропогенный	L44	Лоскуй	62.2525972222	132.3306888889
FE	Водно-эрозионный	L109	Усун-Кюёль	61.21065278	132.7016583
FE	Водно-эрозионный	L02	Бэлэнньики	61.772825	132.0620861111

FE	Водно-эрозионный	L04	Самнагайдаах	61.78235	132.0534833333
FE	Водно-эрозионный	L06	Урасалаах	61.7266194444	131.9681388889
FE	Водно-эрозионный	L09	Кэтит Кюель	61.7249833333	131.8774861111
FE	Водно-эрозионный	L10	Арыблаах	61.7336944444	131.9154722222
FE	Водно-эрозионный	L110	Тонгус-Кыга	61.2597583333333	132.67005
FE	Водно-эрозионный	L119	Кулусуннах	60.9372666666667	132.146441666667
FE	Водно-эрозионный	L122	Ынах-Баса	61.5010694444444	131.486391666667
FE	Водно-эрозионный	L128	Усун-Кюёль-1	61.0455833333333	132.289936111111
FE	Водно-эрозионный	L135	Улахан-Халкыда	61.0767833333333	132.430508333333
FE	Водно-эрозионный	L137	Дюлган	62.0920277778	134.3730583333
FE	Водно-эрозионный	L14	Юрях Эбэ	61.6455444444	32.0860833333
FE	Водно-эрозионный	L142	Тенгюргестях	62.1082444444	134.3619916667
FE	Водно-эрозионный	L143	Элэсин	62.2018638889	133.2987138889
FE	Водно-эрозионный	L144	Дъара	62.1749055556	133.2033722222
FE	Водно-эрозионный	L145	Хадарганчи	62.1789555556	133.2272305556
FE	Водно-эрозионный	L146	Илин-Лыбачаай	62.269575	133.4807944444
FE	Водно-эрозионный	L147	Харбалах	62.1960277778	134.2338083333
FE	Водно-эрозионный	L148	Сагагай	62.2384277778	134.6141083333
FE	Водно-эрозионный	L149	Дьон Этеге	62.1155805556	133.0157222222
FE	Водно-эрозионный	L150	Кыйы	62.1180361111°	133.0394833333
FE	Водно-эрозионный	L16	Нама-1	62.2461861111	132.38055
FE	Водно-эрозионный	L162	Усун-Кюёль	62.8699416667	130.8497916667
FE	Водно-эрозионный	L166	Арылах	62.4468638889	130.9901611111
FE	Водно-эрозионный	L168	Ухарыкы	62.4482027778	130.9274888889
FE	Водно-эрозионный	L17	Нама-2	62.2454805556	132.4123
FE	Водно-эрозионный	L23	Лахальды	61.9937611111	132.6189194444
FE	Водно-эрозионный	L237	Юрюнг Кюель	61.7528777778	132.0144138889
FE	Водно-эрозионный	L239	Моголлой	61.908425	132.3265388889
FE	Водно-эрозионный	L24	Лампа-1	61.8443888889	132.2143055556

FE	Водно-эрозионный	L248	Ойбон-Кюель	62.255775	134.521625
FE	Водно-эрозионный	L252	Кыра Мэкэйи	62.1000916667	134.3484583333
FE	Водно-эрозионный	L254	Тюнгутте	62.1569	134.2701861111
FE	Водно-эрозионный	L26	Лампа-2	61.8408722222	132.1872222222
FE	Водно-эрозионный	L270	Ытык-Кюель	62.1049666667	130.0055777778
FE	Водно-эрозионный	L271	Токур-Кюель	62.1172333333	130.0208111111
FE	Водно-эрозионный	L30	Еленнях	61.8402972222	132.0918777778
FE	Водно-эрозионный	L35	Ойбон-Кюель-2	62.171325	132.1549305556
FE	Водно-эрозионный	L38	Кюгюню-Суут	62.3645388889	132.5732611111
FE	Водно-эрозионный	L39	Ураса-Кэннэ	62.38505	132.5563444444
FE	Водно-эрозионный	L42	Чэччимэ	61.9923027778	132.2273722222
FE	Водно-эрозионный	L45	Кэрэхтээх	62.26495	132.3567305556
FE	Водно-эрозионный	L49	Харбала-1	61.9884277778	132.5805333333
FE	Водно-эрозионный	L50	Сугулаан	61.9824805556	132.5697861111
FE	Водно-эрозионный	L58	Арылаах	61.9030138889	130.5936694444
Te	Термокарстовый	L107	Албыннабыт	61.0863055556	132.3255166667
Te	Термокарстовый	L111	Осохтоох	61.0895166667	132.3355722222
Te	Термокарстовый	L112	Уялах	61.0884861111	132.326175
Te	Термокарстовый	L113	Туаннах	61.0862444444	132.3274333333
Te	Термокарстовый	L116	Моттохой	60.935288888889	132.123552777778
Te	Термокарстовый	L117	Маххасайдах	60.9385361111111	132.162127777778
Te	Термокарстовый	L127	Ынах-Кюель	61°24'55.52"C	131°29'37.02"B
Te	Термокарстовый	L129	Хангас-Алас	61.379375	131.148308333333
Te	Термокарстовый	L130	Емельяновка	61.0320333333	132.2432527778
Te	Термокарстовый	L132	Куду	61.3738416666667	131.195936111111
Te	Термокарстовый	L134	Абага-Кюель (Чирайы)	61.3764166666667	131.112858333333
Te	Термокарстовый	L136	Тугулутта	61.412225	131.2100222222
Te	Термокарстовый	L232	Ойбон	61.7041583333333	130.370247222222

Те	Термокарстовый	L52	Дюедя	61.7318166667	130.2596694444
Те	Термокарстовый	L54	Сэгэлэй	62.2073916667	130.7148222222
Те	Термокарстовый	L59	Бердыгэстээх	61.8478916667	130.5204083333
Те	Термокарстовый	L62	Ломтука	61.6409888889	130.0864055556
Те	Термокарстовый	L64	Буукам	61.707225	130.3577777778
Те	Термокарстовый	L69	Майя	61.7371361111	130.2413611111
Те	Термокарстовый	L70	Неммере	62.2073916667	130.7743416667
Те	Термокарстовый	L71	Бюёр	61°48'44.24"C	130°17'27.18"B
Те	Термокарстовый	L72	Токур-Дулга	61°47'47.06"C	130°27'19.34"B
Те	Термокарстовый	L76	Матга	62.3449194444	130.6675166667
Те	Термокарстовый	L261	Бырыылаах	62.3036861111	132.9348055556
Те	Термокарстовый	L152	Юрюнг-Сюмюя	63.0786222222	130.3251111111
Те	Термокарстовый	L154	Сырдах	62.5702	130.88355
Те	Термокарстовый	L155	Огус-Харага	62.7754611111	130.69195
Те	Термокарстовый	L156	Арга-Кердюген	62.3911888889	131.7921583333
Те	Термокарстовый	L159	Боччон	62.438575	131.6173111111
Те	Термокарстовый	L160	Дирин	62.4447166667	131.5732694444
Те	Термокарстовый	L165	Кюрюёлях	62.8897805556	130.3508666667
Те	Термокарстовый	L167	Токур	62.8510694444	130.5065472222
Те	Термокарстовый	L169	Балыктаах	63.07855	130.4234611111
Те	Термокарстовый	L170	Дюедя	63.1023027778	130.4736083333
Те	Термокарстовый	L171	Куталах-1	63.1171	130.526425
Те	Термокарстовый	L172	Моторин	62.9911	130.4328583333
Те	Термокарстовый	L173	Тымпы	63.0406111111	130.5325388889
Те	Термокарстовый	L174	Текиде	62.9861611111	130.64315
Те	Термокарстовый	L175	Тегерятте-Дулгата	63.0230111111	130.7569777778
Те	Термокарстовый	L176	Арга-Тыймыгтах	63.0927166667	130.6997416667
Те	Термокарстовый	L177	Куруку	63.1317527778	130.7143527778

Те	Термокарстовый	L178	Куталах-2	62.9164666667	131.0332
Те	Термокарстовый	L201	Олорор	62.4009611111	131.5581555556
Те	Термокарстовый	L202	Илин Кердюген	62.4151138889	131.5613638889
Те	Термокарстовый	L204	Кэтитики	62.4081361111	131.5992083333
Те	Термокарстовый	L03	Бюгяйдях	61.7558111111	131.9932805556
Те	Термокарстовый	L05	Локоруку	61.7488805556	132.0306222222
Те	Термокарстовый	L07	Таргыях	61.7229222222	131.952525
Те	Термокарстовый	L08	Туора Кюель	61.7247472222	131.9405166667
Те	Термокарстовый	L11	Юнеля	61.7015305556	131.9430833333
Те	Термокарстовый	L12	Аргаа Дегюдяй	61.7379416667	131.9615333333
Те	Термокарстовый	L13	Илин Дегюдяй	61.7402444444	131.9783833333
Те	Термокарстовый	L238	Чычаас-1	61.8389638889	132.1450055556
Те	Термокарстовый	L240	Озеро-22	62.0062444444	131.7045972222
Те	Термокарстовый	L241	Озеро-24	61.9671472222	132.2485444444
Те	Термокарстовый	L242	Кыталыктаах	61.8030277778	132.0894361111
Те	Термокарстовый	L244	Озеро-27	61.8894972222	132.1625055556
Те	Термокарстовый	L245	Тымпы	61.9398777778	132.164275
Те	Термокарстовый	L247	Озеро-21	62.0016527778	131.81825
Те	Термокарстовый	L34	Дирин-1	61.838075	132.1240444444
Те	Термокарстовый	L40	Будур	62.3353694444	132.666125
Те	Термокарстовый	L47	Лыбынтах	61.9732388889	131.8786722222
Те	Термокарстовый	L217	Тэппэ	61.7203361111	130.4368916667
Те	Термокарстовый	L219	Озеро-20	62.1295083333333	131.222688888889
Те	Термокарстовый	L209	Без названия 1	61.4072083333333	131.117155555556
Те	Термокарстовый	L210	Озеро В-4	61.7609833333333	130.470997222222
Те	Термокарстовый	L211	Озеро В-5	61.7599916666667	130.471997222222
Те	Термокарстовый	L212	Озеро В-6	61.7609861111111	130.474
Те	Термокарстовый	L213	Юкечи	61.7653166666667	130.463488888889

Te	Термокарстовый	L214	Озеро Х	61.7705638888889	130.468441666667
Te	Термокарстовый	L221	Оччугуй Кэнгэримэ	61.4039944444444	130.556152777778
Te	Термокарстовый	L222	Чохтохой	62.1046527777778	130.228697222222
Te	Термокарстовый	L223	Чай Кюель	62.0152833333333	130.061022222222
Te	Термокарстовый	L224	Кюндэ	61.6125444444444	130.704016666667
Te	Термокарстовый	L225	Кыгыыйа	61.6178555555556	130.707238888889
Te	Термокарстовый	L234	Без названия 2	62.3867138889	133.7441388889
Te	Термокарстовый	L235	Без названия 3	62.3296194444	133.6646194444
Te	Термокарстовый	L253	Сукулэ Бырыыта	62.373475	132.8780111111
Te	Термокарстовый	L255	Еленнях	62.4197222222	132.8703194444
Te	Термокарстовый	L256	Кымыс	62.4189694444°	132.911825
Te	Термокарстовый	L258	Сайылык Кердюгене	62.2955722222	132.9766027778
Te	Термокарстовый	L200	Бэттиэмэ	62.4440277778	130.2883
Te	Термокарстовый	L205	Мюрю	62.669575	131.1088888889
Te	Термокарстовый	L243	Озеро-26	61.9026138889	132.2076611111
Te	Термокарстовый	L246	Ньукулуку	61.9451527778	132.1445138889
TeA	Термокарстовый антропогенный	L56	Уулаах	61.8259361111	130.7067777778
TeA	Термокарстовый антропогенный	L68	Бюёр-Келюйэ	61.6630194444	130.9552666667
TeA	Термокарстовый антропогенный	L250	Чэлгэйи	62.1560944444	133.1443055556
TeA	Термокарстовый антропогенный	L118	Санга-Кюель	60.9242388888889	132.171377777778
TeA	Термокарстовый антропогенный	L121	Багадьи	61.4926861111111	131.491222222222
TeA	Термокарстовый антропогенный	L123	Майдаган	61.5858527778	131.4235833333
TeA	Термокарстовый антропогенный	L124	Ламы	61.5731083333	131.3917972222
TeA	Термокарстовый антропогенный	L125	Санга-Кюель-2	61.4640888888889	131.495744444444
TeA	Термокарстовый антропогенный	L15	Эбэ	61.8056833333	132.3785194444
TeA	Термокарстовый антропогенный	L164	Беидинге	62.3835111111	130.862075
TeA	Термокарстовый антропогенный	L203	Алаас	62.3827861111	131.4666972222
TeA	Термокарстовый антропогенный	L236	Тураах Уйата	61.6543472222	132.0890055556
TeA	Термокарстовый антропогенный	L43	Юрэх-Кере	61.8097527778	132.4083111111
TeA	Термокарстовый антропогенный	L46	Мугудай	61.9855888889	131.9048944444
TeA	Термокарстовый антропогенный	L48	Буоратай	61.9945194444	131.8742972222
TeA	Термокарстовый антропогенный	L66	Кюрдьэх	61.6250611111	131.3574361111

Tu	Тукулановый	L157	Уолбут	62.7841416667	130.7269527778
Tu	Тукулановый	L158	Быллар	62.7492444444	130.532825
Tu	Тукулановый	L181	Хомустах	62.7025194444	130.864

**Приложение 4 – Список изученных озёр по муниципальным образованиям Республики Саха (Якутия)**

<i>Муниципальные образования РС (Я)</i>			<i>Озеро</i>		<i>Географические координаты, °</i>	
<i>улус (район)</i>	<i>насел</i>	<i>село</i>	<i>код</i>	<i>название</i>	<i>широта</i>	<i>долгота</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Амгинский	Абагинский	с. Абага	L107	Албыннабыт	61.0863055556	132.3255166667
Амгинский	Сатагайский	с. Сатагай	L108	Кыака	61.4831888889	131.6077083333
Амгинский	Соморсунский	с. Михайловка	L109	Усун-Кюёль	61,21065278	132,7016583
Амгинский	Соморсунский	с. Михайловка	L110	Тонгус-Кыга	61.2597583333333	132.67005
Амгинский	Абагинский	с. Абага	L111	Осохтоох	61.0895166667	132.3355722222
Амгинский	Абагинский	с. Абага	L112	Уялах	61.0884861111	132.326175
Амгинский	Абагинский	с. Абага	L113	Тураннах	61.0862444444	132.3274333333
Амгинский	Сатагайский	с. Сатагай	L114	Кердеген (Арылаах)	61.577025	131.5825055556
Амгинский	Сатагайский	с. Сатагай	L115	Лампа	61.5527694444444	131.622419444444
Амгинский	Бетюнский	с. Бетюнцы	L116	Моттохой	60.9352888888889	132.123552777778
Амгинский	Бетюнский	с. Бетюнцы	L117	Маххасайдах	60.9385361111111	132.162127777778
Амгинский	Бетюнский	с. Бетюнцы	L118	Санга-Кюель	60.9242388888889	132.171377777778
Амгинский	Бетюнский	с. Бетюнцы	L119	Кулусуннах	60.9372666666667	132.146441666667
Амгинский	Алтанский	с. Алтанцы	L120	Осох	61.4779777777778	131.476327777778
Амгинский	Алтанский	с. Алтанцы	L121	Багадьи	61.4926861111111	131.491222222222
Амгинский	Алтанский	с. Алтанцы	L122	Ынах-Баса	61.5010694444444	131.486391666667
Амгинский	Сатагайский	с. Сатагай	L123	Майдаган	61.5858527778	131.4235833333
Амгинский	Сатагайский	с. Сатагай	L124	Ламы	61.5731083333	131.3917972222
Амгинский	Алтанский	с. Алтанцы	L125	Санга-Кюель-2	61.4640888888889	131.495744444444
Амгинский	Алтанский	с. Алтанцы	L126	Уоттах	61.4200805556	131.4850972222
Амгинский	Алтанский	с. Алтанцы	L127	Ынах-Кюель	61°24'55.52"С	131°29'37.02"В
Амгинский	Абагинский	с. Абага	L128	Усун-Кюёль-1	61.0455833333333	132.289936111111
Амгинский	Эмисский	с. Эмиссы	L129	Хангас-Алас	61.379375	131.148308333333
Амгинский	Абагинский	с. Абага	L130	Емельяновка	61.0320333333	132.2432527778



## Продолжение приложения 4

Амгинский	Эмисский	с. Эмиссы	L131	Илин-Тегерятте	61.36355	131.1650277778
Амгинский	Эмисский	с. Эмиссы	L132	Куду	61.3738416666667	131.195936111111
Амгинский	Абагинский	с. Абага	L133	Алтан-Ымыя	61.09115	132.342636111111
Амгинский	Эмисский	с. Эмиссы	L134	Абага-Кюель (Чирайы)	61.3764166666667	131.112858333333
Амгинский	Абагинский	с. Абага	L135	Улахан-Халкыда	61.0767833333333	132.430508333333
Амгинский	Эмисский	с. Эмиссы	L136	Тугулутга	61.412225	131.2100222222
Мегино-Кангаласский	Холгуминский	с. Бырама	L209	Без названия 1	61.4072083333333	131.117155555556
Мегино-Кангаласский	Догдогинский	с. Бёкё	L210	Озеро В-4	61.7609833333333	130.470997222222
Мегино-Кангаласский	Догдогинский	с. Бёкё	L211	Озеро В-5	61.7599916666667	130.471997222222
Мегино-Кангаласский	Догдогинский	с. Бёкё	L212	Озеро В-6	61.7609861111111	130.474
Мегино-Кангаласский	Догдогинский	с. Бёкё	L213	Юкечи	61.7653166666667	130.463488888889
Мегино-Кангаласский	Догдогинский	с. Бёкё	L214	Озеро Х	61.7705638888889	130.468441666667
Мегино-Кангаласский	Бютяйдяхский	с. Бютяйдях	L215	Бютяйдях	61.6377861111	131.3883055556
Мегино-Кангаласский	Село Майя	с. Майя	L217	Тэппэ	61.7203361111	130.4368916667
Мегино-Кангаласский	Жабыльский	с. Нуорагана	L219	Озеро-20	62.1295083333333	131.222688888889
Мегино-Кангаласский	Нахаринский 1-й	с. Телиги	L221	Оччугуй Кэнгэримэ	61.4039944444444	130.556152777778
Мегино-Кангаласский	Жанхадский	с. Техтюр	L222	Чохтохой	62.1046527777778	130.228697222222
Мегино-Кангаласский	Жанхадский	с. Техтюр	L223	Чай Кюель	62.0152833333333	130.061022222222
Мегино-Кангаласский	Нахаринский 2-й	с. Хочо	L224	Кюндэ	61.6125444444444	130.704016666667
Мегино-Кангаласский	Нахаринский 2-й	с. Хочо	L225	Кытыыйа	61.6178555555556	130.707238888889
Мегино-Кангаласский	Нахаринский 2-й	с. Хочо	L226	Хачыма	61.5546027777778	130.541516666667
Мегино-Кангаласский	Нахаринский 2-й	с. Хочо	L227	Аргаа Бэрэ	61.5684166666667	130.570038888889
Мегино-Кангаласский	Нахаринский 2-й	с. Хочо	L228	Маган Сыдых	61.5723777777778	130.614377777778
Мегино-Кангаласский	Нахаринский 2-й	с. Хочо	L229	Балыбырбыт	61.551175	130.861672222222
Мегино-Кангаласский	Нахаринский 2-й	с. Хочо	L230	Озеро-18	61.5487305555556	130.888952777778
Мегино-Кангаласский	Нахаринский 2-й	с. Хочо	L231	Тойогой	61.5462027777778	130.903727777778
Мегино-Кангаласский	Ходоринский	с. Чюйя	L232	Ойбон	61.7041583333333	130.370247222222
Мегино-Кангаласский	Жанхадский	с.Техтюр	L270	Ытык-Кюель	62.1049666667	130.0055777778
Мегино-Кангаласский	Жанхадский	с.Техтюр	L271	Токур-Кюель	62.1172333333	130.0208111111
Мегино-Кангаласский	Нахаринский 2-й	с. Хочо	L51	Улахан-Кюель	61.8078722222	130.7532944444
Мегино-Кангаласский	Село Майя	с. Майя	L52	Дюедя	61.7318166667	130.2596694444
Мегино-Кангаласский	Мегинский	с. Балыктах	L53	Отто	62.2736805556	130.6518666667
Мегино-Кангаласский	Тюнгюлюнский	с. Тюнгюлю	L54	Сэгэлэй	62.2073916667	130.7148222222

*Продолжение приложения 4*

Мегино-Кангаласский	Хоробутский	с. Хоробут	L55	Лама	61.9989138889	130.5762916667
Мегино-Кангаласский	Хоробутский	с. Хоробут	L56	Уулаах	61.8259361111	130.7067777778
Мегино-Кангаласский	Хоробутский	с. Хоробут	L57	Элэсин	61.8078722222	130.7056805556
Мегино-Кангаласский	Мелдехсинский	с. Суола	L58	Арылаах	61.9030138889	130.5936694444
Мегино-Кангаласский	Мелдехсинский	с. Суола	L59	Бердыгэстээх	61.8478916667	130.5204083333
Мегино-Кангаласский	Холгуминский	с. Бырама	L60	Бырама (Мючюкей)	61.4870888889	131.3574361111
Мегино-Кангаласский	Тарагайский	с. Табага	L61	Табага	61.6606666666667	131.007536111111
Мегино-Кангаласский	Тыллыминский 1-й	с. Ломтука	L62	Ломтука	61.6409888889	130.0864055556
Мегино-Кангаласский	Тарагайский	с. Табага	L63	Чэлгэннэх	61.6673472222	130.9125861111
Мегино-Кангаласский	Ходоринский	с. Чюйя	L64	Буукам	61.707225	130.3577777778
Мегино-Кангаласский	Ходоринский	с. Чюйя	L65	Чюйэ	61.7196944444	130.3632222222
Мегино-Кангаласский	Бютяйдяхский	с. Бютейдах	L66	Кюрдьэх	61.6250611111	131.3574361111
Мегино-Кангаласский	Алтанский	с. Елечёй	L67	Елечей	61.7050777778	131.2621222222
Мегино-Кангаласский	Тарагайский	с. Табага	L68	Бюёр-Келюйэ	61.6630194444	130.9552666667
Мегино-Кангаласский	Село Майя	с. Майя	L69	Майя	61.7371361111	130.2413611111
Мегино-Кангаласский	Тюнгюлюнский	с. Тюнгюлю	L70	Неммере	62.2073916667	130.7743416667
Мегино-Кангаласский	Догдогинский	с. Бёкё	L71	Бюёр	61°48'44.24"C	130°17'27.18"B
Мегино-Кангаласский	Догдогинский	с. Бёкё	L72	Токур-Дулга	61°47'47.06"C	130°27'19.34"B
Мегино-Кангаласский	Жабыльский	с. Нуорагана	L73	Нуорагана	62.1486861111	131.06725
Мегино-Кангаласский	Жабыльский	с. Нуорагана	L74	Родовое	62.1515194444	131.0298916667
Мегино-Кангаласский	Мегинский	с. Балыктах	L75	Балыктаах	62.3506694	130.6590056
Мегино-Кангаласский	Мегюрёнский	с. Матта	L76	Матта	62.3449194444	130.6675166667
Таттинский	Амгинский	с. Чычымах	L137	Дюлган	62.0920277778	134.3730583333
Таттинский	Уолбинский	с. Уолба	L138	Тууста	62.6297222222	132.5972
Таттинский	Уолбинский	с. Уолба	L139	Уолба	62.6230833333	133.5847222222
Таттинский	Уолбинский	с. Уолба	L140	Хабык	62.6251416667	133.5935
Таттинский	Жулейский	с. Туора-Кюёль	L141	Тиргэлиир	62.3158944444	132.9069611111
Таттинский	Амгинский	с. Чычымах	L142	Тенгюргестях	62.1082444444	134.3619916667
Таттинский	Октябрьский	с. Черкёх	L143	Элэсин	62.2018638889	133.2987138889

Таттинский	Октябрьский	с. Черкёх	L144	Дъара	62.1749055556	133.2033722222
Таттинский	Октябрьский	с. Черкёх	L145	Хадарганчи	62.1789555556	133.2272305556
Таттинский	Жохсогонский	с. Боробул	L146	Илин-Лыбачаай	62.269575	133.4807944444
Таттинский	Средне-Амгинский	с. Харбалах	L147	Харбалах	62.1960277778	134.2338083333
Таттинский	Усть-Амгинский	с. Чымнайи	L148	Сатагай	62.2384277778	134.6141083333
Таттинский	Тыарасинский	с. Кыйы	L149	Дьон Этеге	62.1155805556	133.0157222222
Таттинский	Тыарасинский	с. Кыйы	L150	Кыйы	62.1180361111°	133.0394833333
Таттинский	Усть-Амгинский	с. Чымнайи	L151	Чымнайи	62.2467611111	134.5754
Таттинский	Таттинский	с. Ытык-Кюёль	L234	Без названия 2	62.3867138889	133.7441388889
Таттинский	Таттинский	с. Ытык-Кюёль	L235	Без названия 3	62.3296194444	133.6646194444
Таттинский	Усть-Амгинский	с. Чымнайи	L248	Ойбон-Кюель	62.255775	134.521625
Таттинский	Жохсогонский	с. Боробул	L249	Боробул	62.2793611111	133.4785472222
Таттинский	Октябрьский	с. Черкёх	L250	Чэлгэйи	62.1560944444	133.1443055556
Таттинский	Жохсогонский	с. Боробул	L251	Булгуняхтах Сайылыгын Кюеля	62.0314444444	133.4626361111
Таттинский	Амгинский	с. Чычымах	L252	Кыра Мэкэйи	62.1000916667	134.3484583333
Таттинский	Игидейский	с. Дебдирге	L253	Сукулэ Бырыыта	62.373475	132.8780111111
Таттинский	Средне-Амгинский	с. Харбалах	L254	Тюнгутте	62.1569	134.2701861111
Таттинский	Игидейский	с. Дебдирге	L255	Еленнях	62.4197222222	132.8703194444
Таттинский	Игидейский	с. Дебдирге	L256	Кымыс	62.4189694444°	132.911825
Таттинский	Игидейский	с. Дебдирге	L257	Кенгюл Бырыылага	62.3991166667	132.87355
Таттинский	Жулейский	с. Туора-Кюёль	L258	Улахан Сайылык Кердюгене	62.2955722222	132.9766027778
Таттинский	Жулейский	с. Туора-Кюёль	L259	Мемен	62.3363694444	132.9187777778
Таттинский	Жулейский	с. Туора-Кюёль	L260	Уорга	62.3060111111	132.954275
Таттинский	Жулейский	с. Туора-Кюёль	L261	Бырыылаах	62.3036861111	132.9348055556
Таттинский	Жулейский	с. Туора-Кюёль	L262	Диринг	62.3413472222	132.9972
Усть-Алданский	Наяхинский	с. Балыктах	L152	Юрюнг-Сюмюя	63.0786222222	130.3251111111
Усть-Алданский	Бэрт-Усовский	с. Сырдах	L153	Талах-Ары	62.5774083333	130.8324916667
Усть-Алданский	Бэрт-Усовский	с. Сырдах	L154	Сырдах	62.5702	130.88355

Усть-Алданский	Легёйский	с. Кептени	L155	Огус-Харага	62.7754611111	130.69195
Усть-Алданский	Курбусахский	с. Балаганнах	L156	Арга-Кердюген	62.3911888889	131.7921583333
Усть-Алданский	Легёйский	с. Кептени	L157	Уолбут	62.7841416667	130.7269527778
Усть-Алданский	Легёйский	с. Далы	L158	Быллар	62.7492444444	130.532825
Усть-Алданский	Курбусахский	с. Ус-Кюёля	L159	Боччон	62.438575	131.6173111111
Усть-Алданский	Курбусахский	с. Ус-Кюёля	L160	Дирин	62.4447166667	131.5732694444
Усть-Алданский	Легёйский	с. Кептени	L161	Тымпы-Баса	62.7843	130.7586805556
Усть-Алданский	Оспёхский 1-й	с. Усун-Кюёль	L162	Усун-Кюёль	62.8699416667	130.8497916667
Усть-Алданский	Ольтехский	с. Бейдинга	L163	Туйма	62.3970416667	130.8676333333
Усть-Алданский	Ольтехский	с. Бейдинга	L164	Беидинге	62.3835111111	130.862075
Усть-Алданский	Легёйский	с. Хомустах (Батагай)	L165	Кюрюёлях	62.8897805556	130.3508666667
Усть-Алданский	Ольтёхский	с. Арылах	L166	Арылах	62.4468638889	130.9901611111
Усть-Алданский	Легёйский	с. Хомустах (Легей)	L167	Токур	62.8510694444	130.5065472222
Усть-Алданский	Ольтёхский	с. Арылах	L168	Ухарыкы	62.4482027778	130.9274888889
Усть-Алданский	Наяхинский	с. Балыктах	L169	Балыктаах	63.07855	130.4234611111
Усть-Алданский	Наяхинский	с. Балыктах	L170	Дюедя	63.1023027778	130.4736083333
Усть-Алданский	Наяхинский	с. Балыктах	L171	Куталах-1	63.1171	130.526425
Усть-Алданский	Наяхинский	с. Балыктах	L172	Моторин	62.9911	130.4328583333
Усть-Алданский	Наяхинский	с. Балыктах	L173	Тымпы	63.0406111111	130.5325388889
Усть-Алданский	Дюпсюнский	с. Дюпся	L174	Текиде	62.9861611111	130.64315
Усть-Алданский	Дюпсюнский	с. Дюпся	L175	Тегеряте-Дулгата	63.0230111111	130.7569777778
Усть-Алданский	Дюпсюнский	с. Бяди	L176	Арга-Тыймыттах	63.0927166667	130.6997416667
Усть-Алданский	Дюпсюнский	с. Бяди	L177	Куруку	63.1317527778	130.7143527778
Усть-Алданский	Онёрский	с. Эселях	L178	Куталах-2	62.9164666667	131.0332
Усть-Алданский	Онёрский	с. Эселях	L179	Ойогос	62.9158888889	131.0214861111
Усть-Алданский	Онёрский	с. Эселях	L180	Хатыннах	62.9171138889	131.0512583333
Усть-Алданский	Легёйский	с. Хомустах (Легей)	L181	Хомустах	62.7025194444	130.864
Усть-Алданский	Суоттунский	с. Огородтах	L200	Бэтиэмэ	62.4440277778	130.2883

## Продолжение приложения 4

Усть-Алданский	Курбусахский	с. Ус-Кюёля	L201	Олорор	62.4009611111	131.5581555556
Усть-Алданский	Курбусахский	с. Ус-Кюёля	L202	Илин Кердюген	62.4151138889	131.5613638889
Усть-Алданский	Курбусахский	с. Ус-Кюёля	L203	Алаас	62.3827861111	131.4666972222
Усть-Алданский	Курбусахский	с. Ус-Кюёля	L204	Кэтитики	62.4081361111	131.5992083333
Усть-Алданский	Мюрюнский	с. Борогонцы	L205	Мюрю	62.669575	131.1088888889
Чурапчинский	Чакырский	с. Толон	L01	Улахан Эбэ	61.5809361111	132.0900083333
Чурапчинский	Хадарский	с. Юрюнг-Кюёль	L02	Бэлэнньики	61.772825	132.0620861111
Чурапчинский	Хадарский	с. Юрюнг-Кюёль	L03	Бютяйдях	61.7558111111	131.9932805556
Чурапчинский	Хадарский	с. Юрюнг-Кюёль	L04	Самнагайдаах	61.78235	132.0534833333
Чурапчинский	Хадарский	с. Юрюнг-Кюёль	L05	Локоруку	61.7488805556	132.0306222222
Чурапчинский	Хаяхсытский	с. Туора-Кюёль	L06	Урасалаах	61.7266194444	131.9681388889
Чурапчинский	Хаяхсытский	с. Туора-Кюёль	L07	Таргыях	61.7229222222	131.952525
Чурапчинский	Хаяхсытский	с. Туора-Кюёль	L08	Туора Кюель	61.7247472222	131.9405166667
Чурапчинский	Хаяхсытский	с. Туора-Кюёль	L09	Кэтит Кюель	61.7249833333	131.8774861111
Чурапчинский	Хаяхсытский	с. Туора-Кюёль	L10	Арыылаах	61.7336944444	131.9154722222
Чурапчинский	Хаяхсытский	с. Туора-Кюёль	L11	Юнеля	61.7015305556	131.9430833333
Чурапчинский	Хаяхсытский	с. Туора-Кюёль	L12	Аргаа Дегюдяй	61.7379416667	131.9615333333
Чурапчинский	Хаяхсытский	с. Туора-Кюёль	L13	Илин Дегюдяй	61.7402444444	131.9783833333
Чурапчинский	Чакырский	с. Толон	L14	Юрях Эбэ	61.6455444444	32.0860833333
Чурапчинский	Ожулунский	с. Юрях-Кюёре	L15	Эбэ	61.8056833333	132.3785194444
Чурапчинский	Кытанахский	с. Килянки	L16	Нама-1	62.2461861111	132.38055
Чурапчинский	Кытанахский	с. Килянки	L17	Нама-2	62.2454805556	132.4123
Чурапчинский	Хатылынский	с. Харбала-1	L18	Улуу-Сысы	62.0039388889	132.5507472222
Чурапчинский	Хатылынский	с. Харбала-1	L19	Имигиттэ-1	62.0095194444	132.5529472222
Чурапчинский	Хатылынский	с. Харбала-1	L20	Буор-Дьэ	62.00725	132.6115972222
Чурапчинский	Хатылынский	с. Харбала-1	L21	Хангас-Эбэ	62.0139138889	132.6078166667
Чурапчинский	Хатылынский	с. Харбала-1	L22	Ойбон-Кюель-1	62.0026027778	132.6335194444
Чурапчинский	Хатылынский	с. Харбала-1	L23	Лахальды	61.9937611111	132.6189194444
Чурапчинский	Чакырский	с. Толон	L236	Тураах Уйата	61.6543472222	132.0890055556
Чурапчинский	Хадарский	с. Юрюнг-Кюёль	L237	Юрюнг Кюель	61.7528777778	132.0144138889

*Продолжение приложения 4*

Чурапчинский	Хоптогинский	с. Диринг	L238	Чычаас-1	61.8389638889	132.1450055556
Чурапчинский	Ожулунский	с. Дябыла	L239	Моголлой	61.908425	132.3265388889
Чурапчинский	Хоптогинский	с. Диринг	L24	Лампа-1	61.8443888889	132.2143055556
Чурапчинский	Мугудайский	с. Маралайы	L240	Озеро-22	62.0062444444	131.7045972222
Чурапчинский	Тёлёйский	с. Тёлёй-Диринг	L241	Озеро-24	61.9671472222	132.2485444444
Чурапчинский	Хоптогинский	с. Диринг	L242	Кыталыктаах	61.8030277778	132.0894361111
Чурапчинский	Тёлёйский	с. Тёлёй-Диринг	L243	Озеро-26	61.9026138889	132.2076611111
Чурапчинский	Хоптогинский	с. Диринг	L244	Озеро-27	61.8894972222	132.1625055556
Чурапчинский	Тёлёйский	с. Тёлёй-Диринг	L245	Тымпы	61.9398777778	132.164275
Чурапчинский	Тёлёйский	с. Тёлёй-Диринг	L246	Ньукулуку	61.9451527778	132.1445138889
Чурапчинский	Мугудайский	с. Маралайы	L247	Озеро-21	62.0016527778	131.81825
Чурапчинский	Хоптогинский	с. Диринг	L26	Лампа-2	61.8408722222	132.1872222222
Чурапчинский	Тёлёйский	с. Тёлёй-Диринг	L27	Диринг	61.9809861111	132.1659666667
Чурапчинский	Болтогинский	с. Харбала-2	L28	Харбала-2	62.0410777778	132.7580222222
Чурапчинский	Болтогинский	с. Харбала-2	L29	Харбачаайы	62.0357611111	132.7234305556
Чурапчинский	Хоптогинский	с. Диринг	L30	Еленнях	61.8402972222	132.0918777778
Чурапчинский	Сыланский	с. Улахан-Кюёль	L31	Улахан-Кюель	62.2563833333	132.131325
Чурапчинский	Хоптогинский	с. Диринг	L34	Дирин-1	61.838075	132.1240444444
Чурапчинский	Сыланский	с. Усун-Кюёль	L35	Ойбон-Кюель-2	62.171325	132.1549305556
Чурапчинский	Сыланский	с. Усун-Кюёль	L36	Тандара	62.1825083333	132.1459916667
Чурапчинский	Сыланский	с. Усун-Кюёль	L37	Усун-Кюель	62.1576	132.1876583333
Чурапчинский	Арылахский	с. Арылах	L38	Кюгюню-Суут	62.3645388889	132.5732611111
Чурапчинский	Арылахский	с. Арылах	L39	Ураса-Кэннэ	62.38505	132.5563444444
Чурапчинский	Арылахский	с. Арылах	L40	Будур	62.3353694444	132.666125
Чурапчинский	Тёлёйский	с. Тёлёй-Диринг	L42	Чэччимэ	61.9923027778	132.2273722222
Чурапчинский	Ожулунский	с. Юрях-Кюёре	L43	Юрэх-Кере	61.8097527778	132.4083111111
Чурапчинский	Кытанахский	с. Килянки	L44	Лоскуй	62.2525972222	132.3306888889
Чурапчинский	Кытанахский	с. Килянки	L45	Кэрэхтээх	62.26495	132.3567305556
Чурапчинский	Мугудайский	с. Маралайы	L46	Мугудай	61.9855888889	131.9048944444
Чурапчинский	Мугудайский	с. Маралайы	L47	Лыбынтах	61.9732388889	131.8786722222

						<i>Продолжение приложения 4</i>	
Чурапчинский	Мугудайский	с. Маралайы	L48	Буоратай	61.9945194444	131.8742972222	
Чурапчинский	Хатылынский	с. Харбала-1	L49	Харбала-1	61.9884277778	132.5805333333	
Чурапчинский	Хатылынский	с. Харбала-1	L50	Сугулаан	61.9824805556	132.5697861111	

**Приложение 5 – Количество изученных озёр по административно-территориальному делению**

Сельское поселение (населенный пункт)	Населенный пункт (село)	Количество озёр
<b><i>Амгинский улус – всего 14 наслегов, 21 населенных пунктов</i></b>		
Абагинский	Абага	8
Алтанский	Алтанцы	6
Бетюнский	Бетюнцы	4
Соморсунский	Михайловка	2
Сатагайский	Сатагай	5
Эмисский	Эмиссы	5
6 (42,9%)	6 (43,3%)	30
<b><i>Мегино-Кангаласский улус – всего 31 наслегов, 30 населенных пунктов</i></b>		
Алтанский	Елечёй	1
Бютейдяхский	Бютяйдях	2
Догдогинский	Бёкё	7
Жабыльский	Нуорагана	3
Жанхадинский	Техтюр	2
Мегинский	Балыктах	2
Мегюрёнский	Матта	1
Мелдехсинский	Суола	2
Нахаринский 1-й	Телиги	1
Нахаринский 2-й	Хочо	9
Село Майя	Майя	4
Тарагайский	Табага	3
Тыллыминский 1-й	Ломтука	1
Тюнгюлюнский	Тюнгюлю	2
Ходоринский	Чюйя	3
Холгуминский	Бырама	2
Хоробутский	Хоробут	3
17 (54,8%)	17 (56,6%)	49
<b><i>Таттинский улус – всего 14 наслегов, 15 населенных пунктов</i></b>		
Амгинский	Чычымах	3
Жохсогонский	Боробул	3
Жулейский	Туора-Кюёль	6
Игидейский	Дебдирге	4
Октябрьский	Черкёх	4
Средне-Амгинский	Харбалах	2
Таттинский	Ытык-Кюёль	2
Тырасинский	Кыйы	2
Уолбинский	Уолба	3
Усть-Амгинский	Чымнайи	3
10 (71,4%)	10 (66,7%)	32
<b><i>Усть-Алданский улус – всего 21 наслегов, 35 населенных пунктов</i></b>		
Бэрт-Усовский	Сырдах	2
Дюпсунский	Дюпся	4
Курбусахский	Ус-Кюель	7
Легейский	Кептени	7
Мюрюнский	Борогонцы	1
Наяхинский	Балыктах	7
Ольтёхский	Бейдинга	3
Онерский	Эселях	3



Оспехский	Усун-Кюель	1
Суоттунский	Огородтах	1
10 (47,6%)	10 (28,6%)	36
<b>Чурапчинский улус – всего 17 наслегов, 30 населенных пунктов</b>		
Арылахский	Арылах	3
Болтогинский	Харбала 2-я	2
Кытанахский	Киянки	4
Мугудайский	Маралайы	5
Ожулунский	Дябыла	3
Сыланский	Улахан-Кюель	1
	Усун-Кюель	3
Тёлёйский	Тёлёй-Диринг	5
Хадарский	Юрюнг-Кюель	5
Хатылынский	Харбала-1	8
Хаяхсытский	Туора-Кюель	8
Хоптогинский	Диринг	8
Чакырский	Толон	3
12 (70,6%)	13 (43,3%)	58

## Приложение 6 – Перечень методов определения физико-химических параметров озёр

Параметр	Методы определения
Главнейшие катионы (Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> )	ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000 (изд. 2011 г) — Методика выполнения измерений массовых концентраций катионов калия, натрия, лития, магния, кальция, аммония, стронция, бария в пробах питьевых, природных, сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза "КАПЕЛЬ"
Главнейшие анионы (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup> ), кроме HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.157-99 (изд.2013 г) — Методика выполнения измерений массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза "КАПЕЛЬ"
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ПНД Ф 14.1:2:3.99-97 (ПНД Ф 14.2.99-97 исключён 2017) — Методика выполнения измерений массовой концентрации гидрокарбонатов в пробах природных вод титриметрическим методом
pH	Многопараметровый прибор Multi 340i, номер ГРСИ №47448-11.
Электропроводность	Потенциометрический метод анализа
Минерализация	Расчетный метод (как сумма растворенных в воде ионов)
Жесткость общая	ГОСТ 31954-2012. (ГОСТ Р 52407-2005 исключен 2015 г) Вода питьевая. Методы определения жесткости; Расчетный метод (как сумма концентраций двухвалентных катионов)
Fe <sub>об.</sub>	(ПНД Ф 14.1:2:4.50-96 исключен 01.06.2024 г.) Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой; заменен на ПНД Ф 14.1:2:3:4.50-2023 — Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов железа (III), железа общего и железа валового в пробах питьевых, горячих и сточных вод, а также в пробах вод природных (поверхностных и подземных) фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.157-99 (изд. 2013 г) Методика выполнения измерений массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза "КАПЕЛЬ" ПНД Ф 14.1:2:3:4.112-2023 "Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов (в том числе с пересчётом на массовую концентрацию фосфора фосфатов) в пробах питьевых, природных (поверхностных и подземных) и сточных вод фотометрическим методом с молибдатом аммония"
Si	РД 52.24.433-2018. МАССОВАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ КРЕМНИЯ В ВОДАХ Методика измерений фотометрическим методом в виде желтой формы молибдохремниевой кислоты
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000 (изд. 2011) — Методика выполнения измерений массовых концентраций катионов калия, натрия, лития, магния, кальция, аммония, стронция, бария в пробах питьевых, природных, сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза "КАПЕЛЬ"; Dionex DX-320 – ионный жидкостный хроматограф
NO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	ГОСТ 33045-2014 ВОДА. Методы химического анализа. Определение минеральных азотосодержащих веществ

**Приложение 7 – Формулы расчетов основных морфометрических показателей**

<b>Показатель</b>	<b>Формула расчета</b>
<i>Средняя ширина <math>H_{cp}</math></i> вычислена как отношение площади зеркала водного объекта $F$ к его длине $L$	$H_{cp} = \frac{F}{L}$
<i>Коэффициент (показатель) удлинённости <math>K_{уд}</math></i> получен делением длины $L$ на среднюю ширину $H_{cp}$ , что отражено в виде выражения	$K_{уд} = \frac{L}{H_{cp}}$
<i>Коэффициент изрезанности <math>K</math></i> установлен как отношение длины береговой линии $L_{б.л.}$ к длине окружности по площади равной площади зеркала $F$ водного объекта	$K = \frac{L_{б.л.}}{2\sqrt{F\pi}}$
<i>Приблизительный объем водоема</i> рассчитан по формуле объёма полусферы, где в качестве площади окружности использована площадь зеркала водоема $F$ , а в качестве радиуса - максимальная глубина $h_{max}$ .	$V = \frac{2}{3} F h_{max}$
<i>Средняя глубина (<math>H_{cp}</math>)</i> равняется частному от деления объема ( $V$ ) озера на площадь зеркала ( $F_{оз}$ )	$H_{cp} = V / F$
<i>Показатель ёмкости – отношение средней глубины к максимальной глубине:</i>	$\frac{H_{cp}}{H_{max}}$
<i>Коэффициент озерного питания</i> , т. е. отношение площади озера к площади водосбора	$K_{оз.} = F/A$
<i>Величина относительной прозрачностью воды (<math>Z б</math>)</i>	$Z б = (Z 1 + Z 2)/2$
<i>Удельный водосбор (<math>A/F</math>)</i> – отношение площади водосбора к площади зеркала:	$\varphi = A/F$
<i>Коэффициент относительной глубины</i> , где $H_{cp}$ – средняя глубина; $F_{оз}$ – площадь озера	$\frac{H_{cp}}{\sqrt[3]{F_{оз}}}$
<i>Показатель открытости</i> — это отношение площади к средней глубине:	$\frac{F}{H_{cp}}$

## Приложение 8 – Коэффициенты, используемые в статистике и их формулы расчетов

пп	Показатель	Формула расчета
1)	Евклидово расстояние $d(A, B)$ , которое определяется как корень квадратный из суммы квадратов разностей координат двух объектов (объекты $A(x_A; y_A; z_A \dots; k_A)$ и $B(x_B; y_B; z_B \dots; k_B)$ ), что находит отражение в выражении	$d_{ab} = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2 + (z_a - z_b)^2}$
2)	Коэффициент Спирмена, где $A_x$ и $B_x$ – это ранги каждой пары сопоставляемых значений признаков (переменных) $A$ и $B$ объектов исследования; $n$ – количество значений переменных (должно быть одинаковым для $A$ и $B$ ).	$r_{s=1} = \frac{\sum (A_i - B_i)^2 + (A_i - B_i)^2 + \dots + (A_i - B_i)^2}{n(n^2 - 1)}$
3)	Поправочные коэффициенты $X$ (для признака $A$ ), $Y$ (для переменной $B$ ). где $a_x$ – количество одинаковых рангов в группе значений признака $A$ , имеющих данный ранг. Для второго признака (для переменной $B$ ) поправочный коэффициент вычисляется аналогично $A$	$X = \frac{(a_1^3 - a_1) + (a_2^3 - a_2) + \dots + (a_k^3 - a_k)}{12}$
4)	Коэффициент Спирмена (финальная формула)	$r_{s=1} = \frac{\sum [(A_i - B_i)^2 + (A_2 - B_2)^2 + (A_3 - B_3)^2 + \dots + (A_k - B_k)^2] + X + Y}{n(n^2 - 1)}$

**Приложение 9 – Основные абиотических параметры изученных озёр Лено-Амгинского междуречья**

<b>Параметр</b>	<b>Среднее</b>	<b>Медиана</b>	<b>Мин.</b>	<b>Макс.</b>	<b>Разница</b>
Высота над уровнем моря, м	179,89	179	96	278	182
Расстояние до реки, км	11,56	7,5	0,1	42	41,9
Площадь водосбора. км <sup>2</sup>	5,47	1	0,01	138,28	138,27
Удельный водосбор	40,11	10,8	0,035	1600	1600,0
Заболоченность, %	8,71	3	0	63,9	63,9
Облесенность, %	47,18	47	0	100	100
Площадь озера, км <sup>2</sup>	0,47	0,07	0,0004	36	36,0
Глубина макс., м	3,05	2,5	1	18,8	17,8
Глубина средняя, м	1,41	1,3	0,29	8	7,71
Глубина отбора проб, м	2,06	1,8	0,14	11,97	11,83
Коэффициент глубинности	0,7	0,6	0,12	3,5	3,38
Длина озера, км	0,87	0,49	0,04	13,2	13,16
Ширина макс., км	0,40	0,25	0,02	9,6	9,58
Ширина макс., м	403,9	250	20	9600	9580
Ширина средняя, км	0,54	0,17	0,01	59	58,99
Длина береговой линии, км	2,86	1,39	0,16	120	119,84
Коэффициент удлиненности	4,13	2,73	0,034	81	81,0
Коэффициент ёмкости	0,9	0,5	0,24	13,2	12,76
Развитие береговой линии	33,90	15,5	1,35	1350	1348,7
Степень изрезанности	8,2	0,6	0,1	1130,4	1130,3
Показатель открытости	0,3	0,1	0,0003	20,93	20,93
Коэффициент озёрного питания	0,3	0,1	0,0006	28,6	28,57
Форма котловины	0,5	0,2	0,01	59,0	58,99
Прозрачность воды, м	0,63	0,53	0,1	2	1,9
Коэффициент относительной прозрачности	2,32	2	1	5	4
pH	7,57	7,4	5,5	10,53	5,03
Общая жесткость (°Ж )	4,26	3,62	0,054	15,7	15,62
Минерализация, мг/л	733,53	599,12	102,87	5033,31	4930,4
Электропроводность, мкСм/см	1128,69	921,7	158,26	7743,6	7585,29
Кальций (мг/л)	24,00	23,8	0	208,42	208,42
Магний (мг/л)	30,64	18,22	0	179,82	179,82
∑Na <sup>2+</sup> - K <sup>+</sup> (мг/л)	126,91	71,49	0,5	1191,4	1190,9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (мг/л)	437,01	335,5	13,4	3721	3707,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (мг/л)	10,69	4	0	686,4	686,4
Cl <sup>-</sup> (мг/л)	42,63	15,51	0,3	443	442,7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (мг/л)	0,69	0,2	0	15	15
Fe <sup>2+</sup> (мг/л)	0,37	0,001	0	6	6
Сумма катионов	181,56	118,88	2,049	1303,08	1301,0
Сумма анионов	490,33	379,435	19,3	4129,5	4110,2
Ca <sup>2+</sup> %	21,99	15,7	0	81,3	81,3
Mg <sup>2+</sup> %	22,50	18,6	0	69,6	69,6
Na <sup>++</sup> K <sup>+</sup>	55,51	53,56	0,49	99,74	99,25
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> %	90,57	94,4	20,44	99,68	79,24
Cl <sup>-</sup> %	7,12	4,23	0,30	57,42	57,12
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> %	2,30	0,93	0	66,62	66,6

**Приложение 10 – Морфометрические характеристики исследованных групп озёр по их генезису**

Показатель		Группировка изученных озёр по генезису						Все озёра (n=205)
		Те (n=85)	Fe (n=46)	ЕТ (n=47)	Tu (n=3)	TeA (n=16)	ЕТА (n=8)	
Абс. отметка уровня воды, м над у.м. (БС)	Мин.	102	96	128	123	108	136	96
	Макс.	<b>278</b>	245	259	141	257	257	278
	Сред.	182	173	185	134	181	182	179
Расстояние до ближайшей реки, км	Мин.	0,2	0,1	0,42	31	0,25	0,3	0,1
	Макс.	37	32,5	36,6	<b>42</b>	32	22,5	42,0
	Сред.	15,2	6,3	10,8	34,8	7,3	7,04	11,6
Площадь водосборного бассейна озера, км <sup>2</sup>	Мин.	0,01	0,014	0,1	0,7	0,09	0,13	0,01
	Макс.	130,7	<b>138,3</b>	78,3	1,44	13,4	5,8	138,3
	Сред.	5,43	4,90	8,03	1,1	2,282	2,12	5,5
Удельный водосбор	Мин.	0,98	0,035	0,3125	6,55	0,9	2,5	0,04
	Макс.	<b>1600</b>	691,4	666,7	50	111,7	37,9	1600
	Сред.	49,65	40,2	37,08	25,85	16,6	8,46	40,1
Заболоченность, %	Мин.	0	0	0	0	0	0,9	0,00
	Макс.	50	59,8	50	3	44	<b>63,9</b>	63,9
	Сред.	5,34	13,61	10,24	1,3	4,74	18,01	8,70
Облесенность, %	Мин.	5	0	2	84	0	0	0,00
	Макс.	<b>100</b>	93	92	90	92	59	100
	Сред.	53,25	35,51	48,88	86	42,13	35,34	47,2
Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	Мин.	0,0004	0,007	0,012	0,014	0,006	0,028	0,0004
	Макс.	<b>36</b>	0,87	2,81	0,22	4,02	1,05	36,0
	Сред.	0,66	0,21	0,41	0,1	0,50	0,50	0,47
Глубина максимальная, м	Мин.	1	1,2	1,4	2,6	1,3	1,55	1,0
	Макс.	<b>18,8</b>	9,3	8,8	4,2	8,1	5	18,8
	Сред.	3,33	2,55	2,88	3,6	3,32	3,16	3,05
Глубина средняя, м	Мин.	0,4	0,29	0,4	1,6	0,5	1,05	0,29
	Макс.	<b>8</b>	3	3	2,9	3,9	2,39	8,0
	Сред.	1,53	1,21	1,32	2,2	1,4	1,55	1,41
Длина озера, км	Мин.	0,04	0,11	0,07	0,19	0,1	0,2	0,04
	Макс.	<b>13,2</b>	5,67	4,12	1,03	5,2	2,72	13,2
	Сред.	0,68	0,90	1,04	0,57	1,15	1,24	0,87
Ширина максимальная, км	Мин.	0,02	0,07	0,04	0,1	0,08	0,14	0,02
	Макс.	<b>9,6</b>	1,13	1,35	0,38	1,7	1,02	9,6
	Сред.	0,41	0,37	0,41	0,24	0,45	0,48	0,40
Ширина средняя, км	Мин.	0,01	0,03	0,01	0,07	0,06	0,05	0,01
	Макс.	2,73	0,79	1,2	0,21	<b>59,0</b>	0,51	59,0
	Сред.	0,25	0,21	0,31	0,13	3,99	0,24	0,54
Длина береговой линии, км	Мин.	0,16	0,26	0,21	0,7	0,61	1,5	0,2
	Макс.	<b>120</b>	7,8	14,9	2,1	12,93	6,9	120,0
	Сред.	2,99	2,45	2,85	1,34	3,12	3,90	2,86
Коэффициент удлинённости	Мин.	0,21	0,7	0,225	2,71	0,034	1,43	0,03
	Макс.	9,35	<b>81</b>	27	4,90	6,75	10,4	81,0
	Сред.	2,53	6,99	4,23	4,17	3,25	5,88	4,13
Изрезанность береговой линии	Мин.	<b>0,02</b>	0,04	0,05	0,13	0,59	0,12	0,02
	Макс.	<b>1350</b>	9,33	39,2	0,43	8,0	40,7	1350
	Сред.	<b>15,2</b>	1,98	3,98	0,7	4,4	4,71	8,2

*Примечание.* Серым цветом отмечены максимальные значения по выборке. Группа озёр: Те – термокарстовые, Fe – водно-эрозионные, ЕТ – эрозионно-термокарстовые, Tu – тукулановые, TeA – термокарстово-антропогенные, ЕТА – эрозионно-термокарстовые антропогенные.

**Приложение 11 – Усреднённые параметры изученных озёр Лено-Амгинского междуречья по определенным кластерам (I- III) (составлено автором)**

Показатель	Кластер I N=2	Кластер II (N=48)			Кластер III (N=40)		
		IIa N=14	IIb N=22	IIc N=12	IIIa N=7	IIIb N=24	IIIc N=9
Площадь озера, км <sup>2</sup>	<u>0,4-36*</u> 18,2	<u>0,01-0,43</u> 0,08	<u>0,01-0,32</u> 0,07	<u>0,02-0,9</u> 0,44	<u>0,003-0,4</u> 0,09	<u>0,007-0,9</u> 0,23	<u>0,006-0,2</u> 0,05
Глубина макс., м	<u>2,4-4</u> 3,2	<u>1,25-4,7</u> 2,5	<u>1,3-5,2</u> 2,4	<u>1,3-5</u> 3	<u>2,7-5,2</u> 3,61	<u>1,2-9,3</u> 2,7	<u>1,45-4,3</u> 2,1
Глубина средняя, м	<u>0,8-1,72</u> 1,3	<u>0,7-2</u> 1,25	<u>0,7-2,1</u> 1,2	<u>0,5-2</u> 1,2	<u>1,9-3</u> 1,51	<u>0,5-3</u> 1,2	<u>0,3-0,5</u> 0,5
Коэффициент глубинности	<u>1,1-3,5</u> 2,3	<u>0,32-0,86</u> 0,57	<u>0,3-0,9</u> 0,6	<u>0,45-1,5</u> 0,8	<u>0,2-0,65</u> 0,36	<u>0,2-1,2</u> 0,7	<u>1,2-2</u> 1,4
Коэффициент ёмкости	<u>0,3-0,43</u> 0,4	<u>0,36-0,65</u> 0,53	<u>0,3-1</u> 0,53	<u>0,24-0,5</u> 0,4	<u>0,53-0,74</u> 0,42	<u>0,3-0,6</u> 0,45	<u>0,11-0,3</u> 0,23
Длина озера, км	<u>5,7-13,2</u> 9,4	<u>0,07-1,31</u> 0,34	<u>0,1-1</u> 0,44	<u>0,2-2,03</u> 1,04	<u>0,06-1,04</u> 0,44	<u>0,1-3</u> 0,85	<u>0,13-0,6</u> 0,3
Ширина макс., км	<u>0,53-9,6</u> 5,1	<u>0,06-0,81</u> 0,21	<u>0,04-0,4</u> 0,2	<u>0,12-1,1</u> 0,6	<u>0,04-1,13</u> 0,34	<u>0,07-0,8</u> 0,34	<u>0,07-0,6</u> 0,2
Ширина средняя, км	<u>0,07-2,7</u> 1,4	<u>0,04-0,32</u> 0,14	<u>0,04-0,33</u> 0,15	<u>0,3-0,9</u> 0,5	<u>0,02-0,37</u> 0,12	<u>0,01-0,5</u> 0,2	<u>0,04-0,32</u> 0,13
Длина береговой линии, км	<u>5,12-120</u> 62,6	<u>0,26-5,2</u> 1,1	<u>0,27-7,8</u> 1,6	<u>0,9-7</u> 3	<u>0,2-3,7</u> 1,5	<u>0,45-7</u> 2,5	<u>0,34-2,2</u> 0,9
Коэффициент удлинённости	<u>4,8-81</u> 43	<u>1,1-4,1</u> 2,2	<u>0,7-8,75</u> 3,3	<u>0,03-3,04</u> 1,8	<u>1,8-11</u> 4,34	<u>1,4-29</u> 6,4	<u>1,52-3,3</u> 2,34
Форма котловины	<u>0,07-2,7</u> 1,4	<u>0,04-0,32</u> 0,14	<u>0,04-0,33</u> 0,15	<u>0,3-0,9</u> 0,5	<u>0,02-0,37</u> 0,11	<u>0,01-0,5</u> 0,2	<u>0,04-0,32</u> 0,13
Развитие береговой линии	<u>3,33-12,8</u> 8,10	<u>2,58-63,3</u> 24,2	<u>3,8-260</u> 42,02	<u>3-63</u> 12	<u>8-116</u> 41,3	<u>1,4-66</u> 24	<u>11-111</u> 34
Степень изрезанности	<u>5,1-1130</u> 567	<u>0,04-5,35</u> 0,65	<u>0,07-2,16</u> 0,6	<u>0,2-9,4</u> 3,5	<u>0,03-3,63</u> 0,9	<u>0,06-9</u> 2,12	<u>0,08-1,6</u> 0,34
Прозрачность воды, м	<u>0,35-0,55</u> 0,45	<u>0,1-0,8</u> 0,42	<u>0,1-1</u> 0,44	<u>0,17-1</u> 0,5	<u>1,3-1,9</u> 1,6	<u>0,15-1,2</u> 0,6	<u>0,2-0,9</u> 0,5
pH	<u>6,93-9,22</u> 8,1	<u>6,7-8,9</u> 7,9	<u>6,6-10,24</u> 7,95	<u>6,9-10</u> 8,4	<u>6,6-7,7</u> 7,14	<u>5,6-7,7</u> 7	<u>6,03-8,7</u> 7,3
Общая жесткость, °Ж	<u>2-6,2</u> 4,1	<u>0,14-5,7</u> 2,9	<u>1,81-14,7</u> 6,2	<u>1,6-9,1</u> 4,7	<u>3,8-12,7</u> 6,4	<u>1,4-6</u> 3,5	<u>1,5-7</u> 4,7
Минерализация, мг/л	<u>281-599</u> 440	<u>113-896</u> 450	<u>103-1281</u> 574	<u>244-879</u> 514	<u>250-1041</u> 542	<u>167-512</u> 353	<u>120-618</u> 372
Ca <sup>2+</sup> %	<u>15,7-58,7</u> 37,2	<u>31,5-59</u> 42	<u>6,6-46</u> 26,2	<u>0,6-48</u> 21,6	<u>15-62</u> 42	<u>26,3-81</u> 54	<u>34-54</u> 44
Mg <sup>2+</sup> %	<u>13,9-27,5</u> 20,7	<u>4,1-52</u> 23,3	<u>34,9-70</u> 51	<u>2,4-63</u> 36,4	<u>26-55</u> 42,6	<u>7-52</u> 31,5	<u>25-53</u> 39
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	<u>27,4-57</u> 42,16	<u>4,19-64,4</u> 35	<u>6,56-43</u> 23	<u>12,4-97</u> 42	<u>0,5-30</u> 15,5	<u>1,5-35,4</u> 14,5	<u>6,2-34</u> 17
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> %	<u>40,2-96</u> 68	<u>66,8-99</u> 89,5	<u>80,5-99,3</u> 94,5	<u>81-99</u> 92	<u>93-99</u> 97	<u>94-99,6</u> 97	<u>94-99</u> 97
Cl <sup>-</sup> %	<u>0,95-57,4</u> 29,2	<u>0,39-26,1</u> 6,3	<u>0,54-7,43</u> 2,6	<u>1,05-8,7</u> 4,33	<u>0,33-5,5</u> 1,74	<u>0,4-3,21</u> 1,07	<u>0,8-2,03</u> 1,5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> %	<u>2,4-3,12</u> 2,76	<u>0,05-29</u> 4,15	<u>0,05-14,3</u> 3	<u>0,65-14,2</u> 2,75	<u>0-1,66</u> 0,8	<u>0-4</u> 1,45	<u>0-4,4</u> 1,7

*Примечание.* В числителе минимальные и максимальные, а в знаменателе средние значения показателя.


**Приложение 12** – Усреднённые параметры изученных озёр Лено-Амгинского междуречья по определенным кластерам (IV- VIII) (составлено автором)

Показатель	Кластер IV (n=11)			Кластер V (n=1)	Кластер VI (n=6)	Кластер VII (n=77)			Кластер VIII (n=20)
	IVa (n=2)	IVb (n=6)	IVc (n=3)			VIIa (n=27)	VIIb (n=23)	VIIc (n=27)	
Площадь озера, км <sup>2</sup>	<u>1,4-4,0*</u> 2,72	<u>1,7-4,3</u> 2,9	<u>0,2-1,7</u> 0,96	0,0004	<u>0,01-0,5</u> 0,2	<u>0,003-0,98</u> 0,13	<u>0,002-1,5</u> 0,48	<u>0,002-0,4</u> 0,0,09	<u>0,002-0,9</u> 0,13
Глубина макс., м	<u>5,5-8,1</u> 8,2	<u>1,4-8,8</u> 5,3	<u>13-19</u> 14,9	3	<u>1,6-3</u> 2,3	<u>1,7-8,6</u> 4,07	<u>1,2-4,2</u> 2,4	<u>1-4</u> 2,19	<u>1-5,2</u> 2,8
Глубина средняя, м	<u>3-3,9</u> 3,5	<u>0,7-2,9</u> 1,7	<u>4,8-8,0</u> 6,32	1,6	<u>1-1,8</u> 1,32	<u>1-3,2</u> 1,9	<u>0,6-2,5</u> 1,3	<u>0,5-1,7</u> 1,1	<u>0,5-2,3</u> 1,3
Коэффициент глубинности	<u>0,44-0,53</u> 0,49	<u>0,6-2</u> 1,2	<u>0,12-0,29</u> 0,19	0,36	<u>0,4-0,9</u> 0,57	<u>0,2-0,6</u> 0,4	<u>0,4-1,5</u> 0,74	<u>0,4-1,16</u> 0,6	<u>0,25-1,6</u> 0,7
Коэффициент ёмкости	<u>0,5-0,5</u> 0,5	<u>0,2-0,5</u> 0,4	<u>0,4-2,3</u> 1,4	0,53	<u>0,5-0,7</u> 0,6	<u>0,21-0,8</u> 0,5	<u>0,5-0,7</u> 0,5	<u>0,3-0,8</u> 0,5	<u>0,3-0,8</u> 0,5
Длина озера, км	<u>3,2-5,2</u> 4,2	<u>2,1-4,1</u> 3,4	<u>0,6-2,3</u> 1,4	0,04	<u>0,14-1,2</u> 0,64	<u>0,07-2,5</u> 0,5	<u>0,2-2,8</u> 1,4	<u>0,06-1,3</u> 0,5	<u>0,05-1,6</u> 0,45
Ширина макс., км	<u>1-1,7</u> 1,3	<u>1,1-2,3</u> 1,5	<u>0,5-1,2</u> 0,9	0,02	<u>0,13-0,8</u> 0,4	<u>0,04-0,9</u> 0,24	<u>0,11-1</u> 0,6	<u>0,04-0,5</u> 0,21	<u>0,04-0,7</u> 0,23
Ширина средняя, км	<u>0,5-0,8</u> 0,6	<u>0,7-1,5</u> 0,9	<u>0,4-0,8</u> 0,6	0,01	<u>0,01-0,4</u> 0,25	<u>0,03-0,3</u> 0,13	<u>0,21-0,8</u> 0,4	<u>0,03-0,4</u> 0,11	<u>0,04-1,2</u> 0,29
Длина береговой линии, км	<u>7-13</u> 8,9	<u>7,7-15</u> 11,1	<u>1,99-6,3</u> 4,02	0,54	<u>0,4-4</u> 1,92	<u>0,2-7</u> 1,5	<u>0,52-7,9</u> 3,8	<u>0,31-3,1</u> 1,3	<u>0,25-4,7</u> 1,23
Коэффициент удлинённости	<u>1,65-7,06</u> 9,9	<u>1,8-6,1</u> 4,2	<u>1,7-3,2</u> 2,22	4,00	<u>1,4-4,1</u> 2,54	<u>0,55-21</u> 4,1	<u>0,23-12</u> 4,24	<u>1,5-18</u> 4,4	<u>0,5-4,8</u> 1,9
Форма котловины	<u>0,5-0,8</u> 0,6	<u>0,7-1,5</u> 0,9	<u>0,4-0,8</u> 0,6	0,01	<u>0,01-0,4</u> 0,25	<u>0,05-0,3</u> 0,13	<u>0,21-0,8</u> 0,4	<u>0,03-0,4</u> 0,12	<u>0,04-1,2</u> 0,3
Развитие береговой линии	<u>3,2-7,9</u> 4,1	<u>2,2-5,3</u> 4,0	<u>3,7-9,1</u> 5,5	1350	<u>3,4-33,3</u> 15,5	<u>2,5-166</u> 31	<u>1,4-87</u> 13,2	<u>1,4-450</u> 46	<u>3,71-125</u> 24,2
Степень изрезанности	<u>13-41</u> 26,9	<u>16-41</u> 29,5	<u>1,5-12,7</u> 6,72	0,02	<u>0,07-4,35</u> 1,55	<u>0,02-7</u> 1	<u>0,1-15</u> 4,3	<u>0,04-2,7</u> 0,65	<u>0,02-6,7</u> 0,9
Прозрачность воды, м	<u>0,5-0,9</u> 0,7	<u>0,4-1,2</u> 0,7	<u>0,4-1</u> 0,7	0,90	<u>0,5-1,2</u> 0,8	<u>0,3-1,6</u> 0,9	<u>0,15-1</u> 0,6	<u>0,1-1</u> 0,45	<u>0,1-2</u> 0,7
pH	<u>8,5-9</u> 8,8	<u>7-7,9</u> 7,4	<u>5,5-7,1</u> 6,27	7,3	<u>6,9-8</u> 7,5	<u>6,2-8,3</u> 7,2	<u>6,7-8,5</u> 7,3	<u>6,6-8,5</u> 7,3	<u>6,7-9,9</u> 8,52
Общая жесткость (°Ж)	<u>2,3-2,9</u> 2,6	<u>3,1-4,8</u> 3,9	<u>1,4-7,1</u> 3,5	1,90	<u>0,05-2,2</u> 1,0	<u>0,9-7,1</u> 2,7	<u>0,8-6,3</u> 2,94	<u>0,1-5,3</u> 3	<u>1,4-16</u> 9,6
Минерализация, мг/л	<u>1016-1526</u> 1271	<u>357-545</u> 445	<u>812-1390</u> 1133	654	<u>699-1357</u> 1029	<u>418-3017</u> 1034	<u>238-1061</u> 580,5	<u>477-1430</u> 797	<u>640-5033</u> 1525
Ca <sup>2+</sup> %	<u>6,6-11</u> 8,8	<u>26,3-45</u> 34,6	<u>0,4-6,6</u> 4,33	15,3	<u>0,2-49</u> 11	<u>0,2-49</u> 11	<u>0-29,6</u> 6,21	<u>0,3-16</u> 2,7	<u>0-45-6</u> 9,8
Mg <sup>2+</sup> %	<u>2,8-7</u> 4,9	<u>22,4-48</u> 39,5	<u>1,8-3,1</u> 2,4	4,6	<u>1,6-9,1</u> 3,3	<u>0,6-41</u> 8,03	<u>0,1-25</u> 7,27	<u>0,5-23</u> 4,7	<u>1,1-50</u> 25
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	<u>82-90,5</u> 86,3	<u>7,4-49</u> 25,9	<u>91-97</u> 93,3	80,1	<u>49-99,7</u> 85,7	<u>11-97</u> 81	<u>57-97,4</u> 86,5	<u>74-99,5</u> 93	<u>22,3-99</u> 65,4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> %	<u>94-97</u> 95	<u>97-99,7</u> 98,2	<u>87-97</u> 93,2	93	<u>43-62</u> 59	<u>78,5-98</u> 92	<u>73,4-96</u> 91,4	<u>67,5-99</u> 90	<u>20-95</u> 80
Cl <sup>-</sup> %	<u>2,9-5,9</u> 4,4	<u>0,3-1,8</u> 0,7	<u>2,5-13</u> 6,2	4,64	<u>38-57</u> 46	<u>0,56-19</u> 6,24	<u>2,9-26,6</u> 7,71	<u>0,31-32</u> 9,2	<u>3,1-24</u> 12,2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> %	<u>0-0,6</u> 0,28	<u>0-2</u> 1,1	<u>0,3-1,0</u> 0,56	2,65	<u>0-0</u> 0	<u>0-15</u> 1,54	<u>0-4,4</u> 0,84	<u>0,41-5,6</u> 1,06	<u>0,27-6,7</u> 7,7

Примечание. В числителе минимальные и максимальные, а в знаменателе средние значения показателя.




# Приложение 13 – База данных Biogeochemical and palynological data from Lake Khamra, SW Yakutia» в международной системе PANGAEA



**PANGAEA.**  
Data Publisher for Earth & Environmental Science

Not logged in

SEARCH SUBMIT HELP ABOUT CONTACT

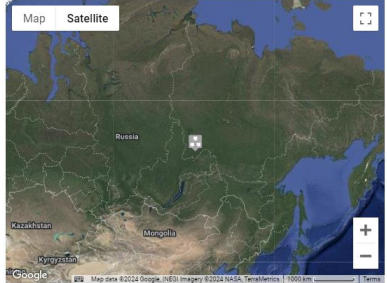


---

**Citation:** Baisheva, Izabella; Biskaborn, Boris K; Stoof-Leichsenring, Kathleen Rosmarie; Andreev, Andrei A; Meucci, Stefano; Lu, Yang; Heim, Birgit; Kahl, Jan; Ushnitskaya, Lena A; Davydova, Paraskovya V; Zakharov, Evgenii S; Pestryakova, Luidmila A; Dietze, Elisabeth; Herzschuh, Ulrike (2024): Biogeochemical and palynological data from Lake Khamra, SW Yakutia [dataset bundled publication]. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963238>

Always quote citation above when using data! You can download the citation in several formats below.

[RIS Citation](#)
[Bibtex Citation](#)
[Copy Citation](#)
[Facebook](#)
[Twitter](#)
[Show Map](#)
[Google Earth](#)



**Abstract:** These bundled biogeochemical data of sediment core EN20001, from Lake Khamra (59.99095° N, 112.98345° E), in SW Yakutia consist of four datasets: (1) Radiocarbon age dating of bulk sediments from sediment core EN20001 from Lake Khamra, measured at AWI MICADAS; (2) Element composition of the sediment core EN20001 from Lake Khamra, measured at the Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); (3) TOC and TN of the sediment core EN20001 from Lake Khamra, measured in the sediment laboratory at AWI, Potsdam; (4) Pollen and non-pollen palynomorphs of the sediment core EN20001 from Lake Khamra, measured at AWI, Potsdam. This study was additionally supported by a short-term grant (not numbered) from AWI Graduate School (POLMAR), and PhD Completion Scholarship (not numbered) provided by University of Potsdam.

**Keywords:** Boreal Lake sediment Lake sediment proxies Land cover non-pollen palynomorphs Pollen pollen analysis pollen and spores radiocarbon dating Russia sakha Sakha Republic Siberia subarctic TN TOC Vegetation XRF XRF core scanner data Yakutia

**Related to:** Biskaborn, Boris K; Bolshiyarov, Dmity Yu; Grigoriev, Mikhail N; Morgenstern, Anne; Pestryakova, Luidmila A; Tsbizov, Leonid; Dill, Antonia (2021): Russian-German Cooperation: Expeditions to Siberia in 2020. *Berichte zur Polar- und Meeresforschung = Reports on Polar and Marine Research*, 756, 81 pp. [https://doi.org/10.48433/BsPM\\_0756\\_2021](https://doi.org/10.48433/BsPM_0756_2021)

**Project(s):** Polar Terrestrial Environmental Systems @ AWI (AWI\_Envl)

**Funding:** European Research Council (ERC) grant/award no. 772852 Glacial Legacy on the establishment of evergreen vs. summergreen boreal forests  
German Academic Exchange Service (DAAD) grant/award no. 91775743  
Russian scientific foundation (RSF) grant/award no. 2023-0027

**Coverage:** Median Latitude: 59.991044 \* Median Longitude: 112.983556 \* South-bound Latitude: 59.990950 \* West-bound Longitude: 112.983450 \* North-bound Latitude: 59.991700 \* East-bound Longitude: 112.984300  
Date/Time Start: 2020-03-10T00:00:00 \* Date/Time End: 2020-03-14T00:00:00

**License:** Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-4.0)

**Size:** 4 datasets

**Download Data**

Download ZIP file containing all datasets as tab-delimited text – use the following character encoding:

**Datasets listed in this bundled publication**

- Biskaborn, BK; Baisheva, I; Stoof-Leichsenring, KR et al. (2024): Radiocarbon age dating of bulk sediments from sediment core EN20001 from Lake Khamra. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963239>
- Biskaborn, BK; Baisheva, I; Stoof-Leichsenring, KR et al. (2024): Element composition of the sediment core EN20001 from Lake Khamra. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963240>
- Stoof-Leichsenring, KR; Baisheva, I; Biskaborn, BK et al. (2024): Total organic carbon and total nitrogen of the sediment core EN20001 from Lake Khamra. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963241>
- Andreev, AA; Baisheva, I; Biskaborn, BK et al. (2024): Pollen and non-pollen palynomorphs of the sediment core EN20001 from Lake Khamra. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963242>

**Datasets with similar metadata**

Stieg, A; Biskaborn, BK; Herzschuh, U et al. (2024): Radiocarbon age dating results of sediment short core EN18232-1 from Lake Khamra, SW Yakutia, Siberia, Russia. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.962950>

Stieg, A; Biskaborn, BK; Herzschuh, U et al. (2024): Sub-decadal diatom oxygen isotope record of the last 220 years (2015-1790CE) of sediment short core EN18232-1 from Lake Khamra, SW Yakutia, Siberia, Russia. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.962959>

Glückler, R; Herzschuh, U; Vype, SA et al. (2020): Radiocarbon age dating results from Lake Khamra, Yakutia, Russia. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.923772>

**Users interested in this dataset were also interested in**

Saigalik, E; Hoggmann, M; Scholz, D (2023): Temperature and heating-induced temperature difference measurements from the sea ice mass balance buoy DTCS during MOSAiC 2018-2019. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.962508>

Eisermann, H; Eagles, G; Ruppel, A et al. (2023): Master tracks in different resolutions during POLAR 5 campaign PS\_236\_RISERBATHY\_22\_23. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.969840>

Carrasco, R; Horstmann, J; Brix, H et al. (2024): Surface Drifter Data on the Elbe estuary: Positions of Lagrangian Herson Drifter D-312 deployed in German Bight during MOSES 2023. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.968873>

# Приложение 14 – База данных «Radiocarbon age dating of bulk sediments from sediment core EN20001 from Lake Khamra» в международной системе PANGAEA



**PANGAEA**  
Data Publisher for Earth & Environmental Science

Not logged in

SEARCH SUBMIT HELP ABOUT CONTACT

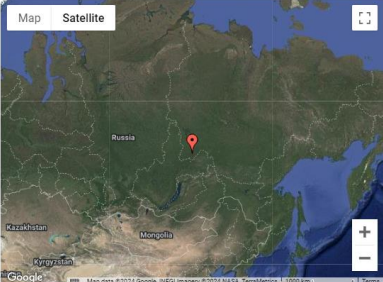


---

**Citation:** Biskaborn, Boris K; Baisheva, Izabella; Stooß-Leichsenring, Kathleen Rosmarie; Andreev, Andrei A; Meucci, Stefano; Lu, Yang; Heim, Birgit; Kahl, Jan; Ushnitskaya, Lena A; Davydova, Paraskovya V; Zakharov, Evgenii S; Pestryakova, Luidmila A; Dietze, Elisabeth; Herzsuh, Ulrike (2024): Radiocarbon age dating of bulk sediments from sediment core EN20001 from Lake Khamra [dataset]. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963239>,  
**iri:** Baisheva, Izabella; Biskaborn, Boris K; Stooß-Leichsenring, Kathleen Rosmarie; Andreev, Andrei A; Meucci, Stefano; Lu, Yang; Heim, Birgit; Kahl, Jan; Ushnitskaya, Lena A; Davydova, Paraskovya V; Zakharov, Evgenii S; Pestryakova, Luidmila A; Dietze, Elisabeth; Herzsuh, Ulrike (2024): Biogeochemical and palynological data from Lake Khamra, SW Yakutia [dataset bundled publication]. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963238>

Always quote citation above when using data! You can download the citation in several formats below.

[RIS Citation](#)
[Bibtex Citation](#)
[Copy Citation](#)
[Facebook](#)
[Twitter](#)
[Show Map](#)
[Google Earth](#)



**Abstract:** This dataset comprises the results of radiocarbon-based (14C) determination of age from sediment core EN20001, retrieved from Lake Khamra, SW Yakutia. Dating was conducted from 38 bulk sediment samples, including surface sample (EN20003) for reservoir effect estimation. Dating was conducted and analyzed by accelerator mass spectrometry with the Mini Carbon Dating System (MICADAS) at Alfred Wegener Institute, Bremerhaven. This study was additionally supported by a short-term grant (not numbered) from AWI Graduate School (POLMAR), and PhD Completion Scholarship (not numbered) provided by University of Potsdam.

**Keywords:** Boreal [Lake sediment](#) [Lake sediment core](#) [lake sediment proxies](#) [Land cover](#) [non-pollen palynomorphs](#) [Pollen](#) [pollen analysis](#) [pollen and spores](#) [radiocarbon dating](#) [Russia](#) [sakha](#) [Sakha Republic](#) [Siberia](#) [subarctic](#) [TN](#) [TOC](#) [Vegetation](#) [XRF](#) [XRF core scanner data](#) [Yakutia](#)

**Related to:** Biskaborn, Boris K; Bolshiyarov, Dmitry Yu; Griгорьев, Mikhail N; Morgenstern, Anne; Pestryakova, Luidmila A; Tsibizov, Leonid; Dill, Antonia (2021): Russian-German Cooperation: Expeditions to Siberia in 2020. *Berichte zur Polar- und Meeresforschung = Reports on Polar and Marine Research*, 756, 81 pp. [https://doi.org/10.48433/BZPM\\_0756\\_2021](https://doi.org/10.48433/BZPM_0756_2021)

**Project(s):** Polar Terrestrial Environmental Systems @ AWI (AWI\_Ervi) [Q](#)

**Funding:** European Research Council (ERC) [Q](#), grant/award no. 772852 [Q](#); Glacial Legacy on the establishment of evergreen vs. summergreen boreal forests  
German Academic Exchange Service (DAAD) [Q](#), grant/award no. 91775743 [Q](#)  
Russian scientific foundation (RSF) [Q](#), grant/award no. 2023-0027 [Q](#)

**Coverage:** Median Latitude: 59.991325 \* Median Longitude: 112.983875 \* South-bound Latitude: 59.990950 \* West-bound Longitude: 112.983450 \* North-bound Latitude: 59.991700 \* East-bound Longitude: 112.984300  
Date/Time Start: 2020-03-10T00:00:00 \* Date/Time End: 2020-03-14T00:00:00  
Minimum DEPTH, sediment/rock: 0.000 m \* Maximum DEPTH, sediment/rock: 10.760 m

**Event(s):** EN20001\_PC (EN20001, Lake Khamra) [Q](#) \* Latitude: 59.990950 \* Longitude: 112.983450 \* Date/Time Start: 2020-03-10T00:00:00 \* Date/Time End: 2020-03-14T00:00:00 \* Elevation: 340.0 m \* Recovery: 10.8 m \* Location: Lake Khamra, SW Yakutia, Russia [Q](#) \* Campaign: RU-Land\_2020\_Khamra (Khamra 2020) [Q](#) \* Basis: AWI Arctic Land Expedition [Q](#) \* Method/Device: Piston corer, UWITEC (PCUW) [Q](#) \* Comment: Tripod piston coring system, UWITEC (HGCUW); Core length: 10.8 m. Core diameter: 6cm  
EN20003 (Lake Khamra) [Q](#) \* Latitude: 59.991700 \* Longitude: 112.984300 \* Date/Time: 2020-03-14T00:00:00 \* Elevation: 340.0 m \* Location: Lake Khamra, SW Yakutia, Russia [Q](#) \* Campaign: RU-Land\_2020\_Khamra (Khamra 2020) [Q](#) \* Basis: AWI Arctic Land Expedition [Q](#) \* Method/Device: Grab (GRAB) [Q](#)

**Parameter(s):**

#	Name	Short Name	Unit	Principal Investigator	Method/Device	Comment
1	Event label <a href="#">Q</a>	Event		Biskaborn, Boris K <a href="#">Q</a>		
2	Laboratory code/label <a href="#">Q</a>	Lab label		Biskaborn, Boris K <a href="#">Q</a>		
3	Age, dated material <a href="#">Q</a>	Dated material		Biskaborn, Boris K <a href="#">Q</a>		
4	DEPTH, sediment/rock <a href="#">Q</a>	Depth sed	m	Biskaborn, Boris K <a href="#">Q</a>		Geocode = Composite depth
5	Fraction modern carbon <a href="#">Q</a>	F14C		Biskaborn, Boris K <a href="#">Q</a>	Mini Carbon Dating System (MICADAS) <a href="#">Q</a>	
6	Fraction modern carbon, standard deviation <a href="#">Q</a> , F14C std dev			Biskaborn, Boris K <a href="#">Q</a>	Mini Carbon Dating System (MICADAS) <a href="#">Q</a>	
7	Age, dated <a href="#">Q</a>	Age dated	ka	Biskaborn, Boris K <a href="#">Q</a>	Mini Carbon Dating System (MICADAS) <a href="#">Q</a>	
8	Age, dated standard deviation <a href="#">Q</a>	Age dated std dev		Biskaborn, Boris K <a href="#">Q</a>	Mini Carbon Dating System (MICADAS) <a href="#">Q</a>	
9	Comment <a href="#">Q</a>	Comment		Biskaborn, Boris K <a href="#">Q</a>		

**License:** Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-4.0)

**Status:** Curation Level: Enhanced curation (CurationLevel3) [Q](#) \* Processing Level: PANGAEA data processing level 3 (ProcLevel3) [Q](#)

**Size:** 229 data points

**Download Data**

Download dataset as tab-delimited text — use the following character encoding:

[View dataset as HTML](#)


**Datasets with similar metadata**

Glückler, R; Herzsuh, U; Vyse, SA et al. (2020): Radiocarbon age dating results from Lake Khamra, Yakutia, Russia. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.923772>

Stieg, A; Biskaborn, BK; Herzsuh, U et al. (2024): Radiocarbon age dating results of sediment short core EN18232-1 from Lake Khamra, SW Yakutia, Siberia, Russia. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.962290>

Glückler, R; Herzsuh, U; Vyse, SA et al. (2020): Radiometric age dating results for 210Pb and 137Cs from Lake Khamra, Yakutia, Russia. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.923770>

# Приложение 15 – База данных «Element composition of the sediment core EN20001 from Lake Khamra» в международной системе PANGAEA



**PANGAEA.**  
Data Publisher for Earth & Environmental Science

Not logged in

SEARCH SUBMIT HELP ABOUT CONTACT

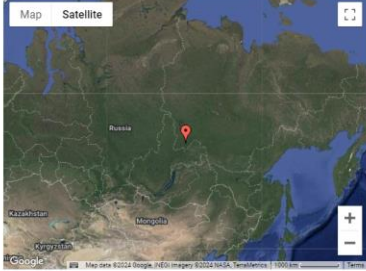
---

**Citation:** Biskaborn, Boris K; Baisheva, Izabella; Stoof-Leichsenring, Kathleen Rosmarie; Andreev, Andrei A; Meucci, Stefano; Lu, Yang; Heim, Birgit; Ushnitskaya, Lena A; Davydova, Paraskovya V; Zakharov, Evgenii S; Pestryakova, Luidmila A; Dietze, Elisabeth; Herzschtuh, Ulrike (2024): Element composition of the sediment core EN20001 from Lake Khamra [dataset]. PANGAEA. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963240>.

In: Baisheva, Izabella; Biskaborn, Boris K; Stoof-Leichsenring, Kathleen Rosmarie; Andreev, Andrei A; Meucci, Stefano; Lu, Yang; Heim, Birgit; Kahl, Jan; Ushnitskaya, Lena A; Davydova, Paraskovya V; Zakharov, Evgenii S; Pestryakova, Luidmila A; Dietze, Elisabeth; Herzschtuh, Ulrike (2024): Biogeochemical and palynological data from Lake Khamra, SW Yakutia [dataset bundled publication]. PANGAEA. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963238>

Always quote citation above when using data! You can download the citation in several formats below.

[RIS Citation](#)
[BibTeX Citation](#)
[Copy Citation](#)
[Facebook](#)
[Twitter](#)
[Show More](#)
[Google Earth](#)



---

**Abstract:** This dataset comprises the elemental distributions from high-resolution X-ray fluorescence (XRF) scanning from sediment core EN20001, retrieved from Lake Khamra, SW Yakutia. XRF was performed at the Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Berlin, Germany. The resolution of measurement for the whole core (0-10800 cm) is 1 cm, except for the part 659-729 cm (where 0.5 cm was applied, to check for fine laminations). This study was additionally supported by a short-term grant (not numbered) from AWI Graduate School (POLMAR), and PhD Completion Scholarship (not numbered) provided by University of Potsdam.

**Keywords:** Boreal [Lake sediment](#); [Lake sediment core](#); [Lake sediment proxies](#); [Land cover](#); [non-pollen palynomorphs](#); [Pollen](#); [pollen analysis](#); [pollen and spores](#); [radiocarbon dating](#); [Russia](#); [sakha](#); [Sakha Republic](#); [Siberia](#); [subarctic](#); [TN](#); [TOC](#); [Vegetation](#); [XRF](#); [XRF core scanner data](#); [Yakutia](#)

**Related to:** Biskaborn, Boris K; Bolshyanov, Dmitry Yu; Grigoriev, Mikhail N; Morgenstern, Anne; Pestryakova, Luidmila A; Tsbizov, Leonid; Dill, Antonia (2021): Russian-German Cooperation: Expeditions to Siberia in 2020. *Berichte zur Polar- und Meeresforschung = Reports on Polar and Marine Research*, 756, 81 pp. [https://doi.org/10.48433/BPM\\_0756\\_2021](https://doi.org/10.48433/BPM_0756_2021)

**Project:** Polar Terrestrial Environmental Systems @ AWI (AWI\_Env) [Q](#)

**Funding:** European Research Council (ERC) [Q](#) grant/award no. 772852 [Q](#); Glacial Legacy on the establishment of evergreen vs. summergreen boreal forests; German Academic Exchange Service (DAAD) [Q](#) grant/award no. 91775743 [Q](#); Russian scientific foundation (RSF) [Q](#) grant/award no. 2023-0027 [Q](#)

**Coverage:** Latitude: 59.990950 \* Longitude: 112.983450  
Date/Time Start: 2020-03-10T00:00:00 \* Date/Time End: 2020-03-14T00:00:00  
Minimum DEPTH\_sediment/rock: 0.010 m \* Maximum DEPTH\_sediment/rock: 10.810 m

**Event:** EN20001\_PC (EN20001, Lake Khamra) [Q](#); \* Latitude: 59.990950 \* Longitude: 112.983450 \* Date/Time Start: 2020-03-10T00:00:00 \* Date/Time End: 2020-03-14T00:00:00 \* Elevation: 340.0 m \* Recovery: 10.8 m \* Location: Lake Khamra, SW Yakutia, Russia [Q](#); \* Campaign: RU-Land\_2020\_khamra (Khamra 2020) [Q](#); \* Basis: AWI Arctic Land Expedition [Q](#); \* Method/Device: Piston corer, UWITEC (PCUWI) [Q](#); \* Comment: Tripod piston coring system, UWITEC (HGCUW); Core length: 10.8 m. Core diameter: 6 cm

**Parameter:**


# Name	Short Name	Unit	Principal Investigator	Method/Device	Comment
1 DEPTH_sediment/rock	Depth sed	m	Biskaborn, Boris K	<a href="#">Q</a>	GeoCode
2 Aluminium	Al	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
3 Silicon	Si	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
4 Phosphorus	P	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
5 Sulfur	S	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
6 Chlorine	Cl	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
7 Potassium	K	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
8 Calcium	Ca	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
9 Titanium	Ti	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
10 Chromium	Cr	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
11 Manganese	Mn	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
12 Iron	Fe	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
13 Rhodium	Rh	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
14 Copper	Cu	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
15 Zinc	Zn	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
16 Gallium	Ga	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
17 Bromine	Br	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
18 Rubidium	Rb	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
19 Strontium	Sr	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
20 Yttrium	Y	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
21 Zirconium	Zr	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
22 Niobium	Nb	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
23 Molybdenum	Mb	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
24 Lead	Pb	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>
25 Bismuth	Bi	ppm	Biskaborn, Boris K	X-ray fluorescence core scanner (XRF), Aviatech	<a href="#">Q</a>

**License:** Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-4.0)

**Status:** Curation Level: Enhanced curation (CurationLevel3) [Q](#); \* Processing Level: PANGAEA data processing level 3 (ProcLevel3) [Q](#)

**Size:** 27576 data points


# Приложение 16 – База данных «Total organic carbon and total nitrogen of the sediment core EN20001 from Lake Khamra» в международной системе PANGAEA



**PANGAEA**  
Data Publisher for Earth & Environmental Science

Not logged in

SEARCH SUBMIT HELP ABOUT CONTACT



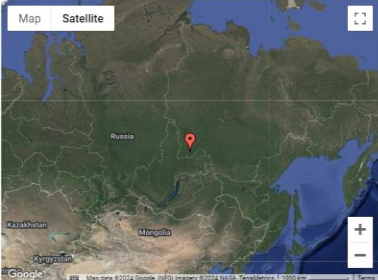
---

**Citation:** **Stoof-Leichsenring, Kathleen Rosmarie; Baisheva, Izabella; Biskaborn, Boris K; Andreev, Andrei A; Meucci, Stefano; Lu, Yang; Heim, Birgit; Ushnitskaya, Lena A; Davydova, Paraskovya V; Zakharov, Evgenii S; Pestryakova, Luidmila A; Dietze, Elisabeth; Herzschuh, Ulrike (2024):** Total organic carbon and total nitrogen of the sediment core EN20001 from Lake Khamra [dataset]. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963241>.

**In:** **Baisheva, Izabella; Biskaborn, Boris K; Stoof-Leichsenring, Kathleen Rosmarie; Andreev, Andrei A; Meucci, Stefano; Lu, Yang; Heim, Birgit; Kahl, Jan; Ushnitskaya, Lena A; Davydova, Paraskovya V; Zakharov, Evgenii S; Pestryakova, Luidmila A; Dietze, Elisabeth; Herzschuh, Ulrike (2024):** Biogeochemical and palynological data from Lake Khamra, SW Yakutia [dataset bundled publication]. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963238>

Always quote citation above when using data! You can download the citation in several formats below.

RTS Citation
BraTKC Citation
Copy Citation
Facebook
Twitter
Show Map
Google Earth



---

**Abstract:** The dataset comprises the results of measured total organic carbon (TOC, 53 samples), and for total nitrogen (TN, 30 samples) from sediment core EN20001, retrieved from Lake Khamra, SW Yakutia. The sedimentological analytics were performed in the Sediment laboratory at AWI Potsdam, Germany. TOC was measured using a soilTOC cube analyzer (Elementar Analysensysteme GmbH, Germany). TN was measured using a TruMac CNS elemental analyzer (LECO, Germany). This study was additionally supported by a short-term grant (not numbered) from AWI Graduate School (POLMAR), and PhD Completion Scholarship (not numbered) provided by University of Potsdam.

**Keywords:** Boreal [Lake sediment](#) [Lake sediment core](#) [lake sediment proxies](#) [Land cover](#) [non-pollen palynomorphs](#) [Pollen](#) [pollen analysis](#) [pollen and spores](#) [radiocarbon dating](#) [Russia](#) [sakha](#) [Sakha Republic](#) [Siberia](#) [subarctic](#) [TN](#) [TOC](#) [Vegetation](#) [XRF](#) [XRF core-scanner data](#) [Yakutia](#)

**Related to:** **Biskaborn, Boris K; Bolshyanov, Dimitry Yu; Grigoriev, Mikhail N; Morgenstern, Anne; Pestryakova, Luidmila A; Tshibzov, Leonid; Dill, Antonia (2021):** Russian-German Cooperation: Expeditions to Siberia in 2020. *Berichte zur Polar- und Meeresforschung = Reports on Polar and Marine Research*, 756, 81 pp. [https://doi.org/10.48433/BzPM\\_0756\\_2021](https://doi.org/10.48433/BzPM_0756_2021)

**Projects:** **Polar Terrestrial Environmental Systems @ AWI (AWI\_Env)**

**Funding:** **European Research Council (ERC)** [grant/award no. 772852](#) [Glacial Legacy on the establishment of evergreen vs. summergreen boreal forests](#)  
**German Academic Exchange Service (DAAD)** [grant/award no. 91775743](#)  
**Russian scientific foundation (RSF)** [grant/award no. 2023-0027](#)

**Coverage:** *Latitude:* 59.990950 \* *Longitude:* 112.983450  
*Date/Time Start:* 2020-03-10T00:00:00 \* *Date/Time End:* 2020-03-14T00:00:00  
*Minimum DEPTH\_sediment/rock:* 0.000 m \* *Maximum DEPTH\_sediment/rock:* 10.760 m

**Events:** **EN20001\_PC (EN20001, Lake Khamra)** [Latitude:](#) 59.990950 \* [Longitude:](#) 112.983450 \* [Date/Time Start:](#) 2020-03-10T00:00:00 \* [Date/Time End:](#) 2020-03-14T00:00:00 \* [Elevation:](#) 340.0 m \* [Recovery:](#) 10.8 m \* [Location:](#) Lake Khamra, SW Yakutia, Russia \* [Campaign:](#) RU-Land\_2020\_Khamra (Khamra 2020) \* [Basis:](#) AWI Arctic Land Expedition \* [Method/Device:](#) Piston corer, UWITEC (PCUW) \* [Comment:](#) Tripod piston coring system, UWITEC (HGCUW); Core length: 10.8 m. Core diameter: 6cm

**Parameter(s):**

# Name	Short Name	Units	Principal Investigator	Method/Device	Comment
1	DEPTH_sediment/rock	Depth	Stoof-Leichsenring, Kathleen Rosmarie		Geocode
2	Carbon, organic, total	TOC	%	Stoof-Leichsenring, Kathleen Rosmarie	Element analyzer, vario Cube SoilTOC, ve8
3	Nitrogen, total	TN	%	Stoof-Leichsenring, Kathleen Rosmarie	Element analyzer CNS, LECO, TruMac, ve8

**License:** Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-4.0)

**Status:** [Curation Level:](#) Enhanced curation (CurationLevel3) \* [Processing Level:](#) PANGAEA data processing level 3 (ProcLevel3)

**Size:** 83 data points

**Download Data**

Download dataset as tab-delimited text – use the following character encoding: UTF-8 Unicode (PANGAEA default)

[View dataset as HTML](#)

---

**Datasets with similar metadata**

**Baisheva, I; Pestryakova, L; Levina, SN et al. (2022):** Carbon and nitrogen composition of the sediment core EN18224-4 from Lake Satagay, Central Yakutia, Siberia. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.948307>

**Stieg, A; Biskaborn, BK; Herzschuh, U et al. (in review):** Biogeochemical proxies of the sediment short core EN18232-1, Lake Khamra, Siberia. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.931277>

**Stieg, A; Biskaborn, BK; Herzschuh, U et al. (2024):** Total inorganic carbon (TIC) from sediment short core EN18232-1 of Lake Khamra, SW Yakutia, Siberia, Russia. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.962987>

# Приложение 17 – База данных «Pollen and non-pollen palynomorphs of the sediment core EN20001 from Lake Khamra» в международной системе PANGAEA



**PANGAEA.**  
Data Publisher for Earth & Environmental Science

Not logged in

SEARCH SUBMIT HELP ABOUT CONTACT

---

Citation:

**Andreev, Andrei A; Baisheva, Izabella; Biskaborn, Boris K; Stooß-Leichsenring, Kathleen Rosmarie; Meucci, Stefano; Lu, Yang; Heim, Birgit; Ushnitskaya, Lena A; Davydova, Paraskovya V; Zakharov, Evgenii S; Pestryakova, Ludmila A; Dietze, Elisabeth; Herzschuh, Ulrike (2024):** Pollen and non-pollen palynomorphs of the sediment core EN20001 from Lake Khamra [dataset]. PANGAEA. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963242>.

**in: Baisheva, Izabella; Biskaborn, Boris K; Stooß-Leichsenring, Kathleen Rosmarie; Andreev, Andrei A; Meucci, Stefano; Lu, Yang; Heim, Birgit; Kahl, Jan; Ushnitskaya, Lena A; Davydova, Paraskovya V; Zakharov, Evgenii S; Pestryakova, Ludmila A; Dietze, Elisabeth; Herzschuh, Ulrike (2024):** Biogeochemical and palynological data from Lake Khamra, SW Yakutia [dataset bundled publication]. PANGAEA. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.963238>



Always quote citation when using data! You can download the citation in several formats below.

[BIB Citation](#)
[BIBX Citation](#)
[Copy Citation](#)
[Facebook](#)
[Twitter](#)
[Share Mail](#)
[Google Earth](#)

Abstract:

48 pollen samples from Lake Khamra were prepared using the established protocol with added Lycopodium marker spore tablets. To store samples and prepare microscopic slides, water-free glycerol was used. The palynomorphs were counted and identified using a light microscope AxioZeiss (400x magnification). Besides pollen a variety of non-pollen palynomorphs, such as spores, fungi, algal and invertebrate remains, were also identified and counted when feasible. This study was additionally supported by a short-term grant (not numbered) from AWI Graduate School (POLMAR), and PhD Completion Scholarship (not numbered) provided by University of Potsdam.

Keywords:

Boreal Q, Lake sediment Q, Lake sediment core Q, Lake sediment proxies Q, Land cover Q, non-pollen palynomorphs Q, Pollen Q, pollen analysis Q, pollen and spores Q, radiocarbon dating Q, Russia Q, Sakha Q, Sakha Republic Q, Siberia Q, subarctic Q, TN Q, TOC Q, Vegetation Q, XRF Q, XRF core scanner data Q, Yakutia Q

Related to:

**Biskaborn, Boris K; Bolshiyonov, Dmitry Yu; Grigoriev, Mikhail N; Morgenstern, Anne; Pestryakova, Ludmila A; Tshizov, Leonid; Dili, Antonia (2021):** Russian-German Cooperation: Expeditions to Siberia in 2020. *Berichte zur Polar- und Meeresforschung – Reports on Polar and Marine Research*. 756. 81 pp. [https://doi.org/10.48433/bzPM.0756\\_2021](https://doi.org/10.48433/bzPM.0756_2021)

Project(s):

Polar Terrestrial Environmental Systems @ AWI (AWI\_Env) Q

Funding:

European Research Council (ERC) Q, grant/award no. 772852 Q, Glacial Legacy on the establishment of evergreen vs. summergreen boreal forests  
German Academic Exchange Service (DAAD) Q, grant/award no. 91775743 Q  
Russian scientific foundation (RSF) Q, grant/award no. 2023-0027 Q

Coverage:

Latitude: 59.990950 ° Longitude: 112.983450  
Date/Time Start: 2020-03-10T00:00:00 \* Date/Time End: 2020-03-14T00:00:00  
Minimum DEPTH: sedimentrock: 0.06 m \* Maximum DEPTH: sedimentrock: 10.76 m

Event(s):

**EN20001\_PC** (EN20001, Lake Khamra) Q, Latitude: 59.990950 ° Longitude: 112.983450 \* Date/Time Start: 2020-03-10T00:00:00 \* Date/Time End: 2020-03-14T00:00:00 \* Elevation: 340.0 m \* Recovery: 10.8 m \* Location: Lake Khamra, SW Yakutia, Russia Q \* Campaign: RU-Land\_2020\_Khamra (khamra 2020) Q \* Basis: AWI Arctic Land Expedition Q \* Method/Device: Piston corer, UWITEC (PCLUW) Q \* Comment: Tripod piston coring system, UWITEC (HGCUW); Core length: 10.8 m. Core diameter: 6cm

Parameter(s):

#	Name	Short Name	Unit	Principal Investigator	Method/Device	Comment
1	DEPTH_sedimentrock	Depth sed	m	Andreev, Andrei A Q		Substrate - Composite depth
2	Pollen_tot	Pollen tot	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	concentration
3	Pollen_tot	Pollen tot	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	sed
4	Lycopodium	Lyc	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	added
5	Sempervivum	Semperv	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	
6	Ficoid	Fic	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
7	Pinus subgen. Diploxyon	Pinus sig Diplo	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
8	Pinus subgen. Haploxyon	Pinus sig Haplo	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
9	Larix	Lar	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
10	Pinus/Abies/Thuja	Pin/Abi/Thu	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
11	Abies	Abi	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
12	Betula sect. Hibern	Bet.Sect.A	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
13	Betula sect. Nanae	Bet.Sect.N	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
14	Alnus	Aln	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
15	Alnus	Aln	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
16	Tilia	Til	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
17	Lonicera	Lon	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
18	Fraxinus	Frax	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
19	Cyperaceae	Cyper	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
20	Artemisia	Art	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
21	Chenopodiaceae	Chenae	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
22	Urticaceae	Urtic	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
23	Cicuriaceae	Cicuri	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
24	Rosaceae	Rosae	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
25	Sanguisorba	San	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
26	Caryophyllaceae	Cchae	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
27	Ranunculaceae	Ranac	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
28	Trifolium	Trif	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
29	Ranunculus	Ran	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
30	Ranunculus	Ran	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
31	Hugobunium	Hugob	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
32	Polygnum viviparum-type	Poly-T	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
33	Polygnum amphium-type	Poly-T	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
34	Valeriana	Val	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
35	Eriogonum	Eriog	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
36	Subula	Sub	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
37	Polygonatum	Pot	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
38	Aplousa	Aplae	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
39	Indeterminate	Indet	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
40	Brassicaceae	Braee	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	Pollen
41	Siphunium	Sph	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Spores (moss)
42	Polytrichaceae	Poltr	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Spores (fern)
43	Lycopodium arctostium-type	Lyc a-T	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Spores (clubmosses)
44	Lycopodium clavatum	Lyc.c	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Spores (clubmosses)
45	Selaginella sibirica	Sel.b	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Spores (clubmosses)
46	Encalypta	Enc	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Spores (moss)
47	Riccia	Ric	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Spores (liverwort)
48	Ophioglossum	Oph	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Spores (fern)
49	Pteridium	Ptd	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Spores (fern)
50	Equisetum	Equ	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Spores (horsetail)
51	Gelatinospora	Gel	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Fungi
52	Podospora	Podospo	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Fungi
53	Sporomnieta	Sro	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Fungi
54	Sordaria	Sor	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Fungi
55	Microstromium	Mic	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Fungi
56	Glomus	Glo	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Fungi
57	Cercophora	Cerc	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Fungi
58	Dicellaema	Dic	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Fungi
59	Botrydium	Bot	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Fungi
60	Zygnema-type	Zyg-T	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Algae
61	Spirogyra	Spi	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Algae
62	Closterium	Clo	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Algae
63	Pediastrum	Pdi	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Algae
64	Chironomidae remains	Chiro rem	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Invertebrate (chironomids)
65	Amphitrem	Amp	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Invertebrate (testate amoeba)
66	Macrofossil	Macro	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Invertebrate (genus of tardigrade)
67	Tardigrade eggs	Tar egg	%	Andreev, Andrei A Q	Counting, palynology Q	non-pollen palynomorphs: Invertebrate (water bears)

License:

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-4.0)

Status:

Curation Level: Enhanced curation (CurationLevel) Q \* Processing Level: PANGAEA data processing level 3 (ProcLevel3) Q

Size:

1107 data points

Приложение 18 – Свидетельства о государственной регистрации баз данных и патент

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
**№ 2014621709**

**«Озера Центральной Якутии»**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова» (RU)*

Авторы: *Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU), Субетто Дмитрий Александрович (RU), Жирков Иннокентий Иннокентьевич (RU)*

Заявка № **2014621412**  
Дата поступления **20 октября 2014 г.**  
Дата государственной регистрации  
в Реестре баз данных **10 декабря 2014 г.**

Врио руководителя Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности



*Л.Л. Кирий*

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
**№ 2015620921**

**«Диатомовые комплексы, морфометрические и гидрохимические параметры озер бассейнов крупных рек северной части Якутии»**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова» (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № **2015620400**  
Дата поступления **20 апреля 2015 г.**  
Дата государственной регистрации  
в Реестре баз данных **17 июня 2015 г.**

Врио руководителя Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности



*Л.Л. Кирий*

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
**№ 2016620825**

**«Морфометрические и гидрохимические параметры термокарстовых водоемов бассейнов рек северной части Якутии и Новосибирских островов»**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Амосова» (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № **2016620586**  
Дата поступления **04 мая 2016 г.**  
Дата государственной регистрации  
в Реестре баз данных **21 июня 2016 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности



*Г.П. Ивлиев* Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
**№ 2017621008**

**«Диатомовые водоросли бассейна реки Анабар»**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Амосова» (RU)*

Авторы: *Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Давыдова Парасковья Васильевна (RU), Городничев Руслан Михайлович (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU), Ядрихинский Иван Васильевич (RU), Левина Сардана Николаевна (RU), Фролова Лариса Александровна (RU)*

Заявка № **2017620743**  
Дата поступления **11 июля 2017 г.**  
Дата государственной регистрации  
в Реестре баз данных **07 сентября 2017 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности



*Г.П. Ивлиев* Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных

**№ 2018621266**

**«Разнообразие диатомовых водорослей термокарстовых водоемов бассейна р. Колыма»**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова» (RU)*

Авторы: *Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Городничев Руслан Михайлович (RU), Перепелица Ирина Михайловна (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU), Давыдова Парасковья Васильевна (RU), Левина Сардана Николаевна (RU), Фролова Лариса Александровна (RU)*

Заявка № **2018620901**  
Дата поступления **29 июня 2018 г.**  
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных **13 августа 2018 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Изrael**



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных

**№ 2018621972**

**«Разнообразие водорослей отдела Bacillariophyta термокарстовых водоемов бассейна р. Индигирка»**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова» (RU)*

Авторы: *Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Городничев Руслан Михайлович (RU), Перепелица Ирина Михайловна (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU), Левина Сардана Николаевна (RU), Давыдова Парасковья Васильевна (RU), Фролова Лариса Александровна (RU)*

Заявка № **2018621767**  
Дата поступления **30 ноября 2018 г.**  
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных **06 декабря 2018 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Изrael**





РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
**№ 2019621809**

**Морфометрические параметры озер территории тундры бассейна р. Хатанга**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова» (RU)*

Авторы: *Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Городничев Руслан Михайлович (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU), Фролова Лариса Александровна (RU), Левина Сардана Николаевна (RU), Давыдова Парасковья Васильевна (RU)*

Заявка № **2019621624**  
Дата поступления **30 сентября 2019 г.**  
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных **18 октября 2019 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности  
*Г.П. Иллев*



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
**№ 2019621462**

**«Физико-химические параметры воды озерных экосистем лесотундры бассейна р. Хатанга»**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова» (RU)*

Авторы: *Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Городничев Руслан Михайлович (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU), Фролова Лариса Александровна (RU), Давыдова Парасковья Васильевна (RU), Левина Сардана Николаевна (RU)*

Заявка № **2019621342**  
Дата поступления **06 августа 2019 г.**  
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных **15 августа 2019 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности  
*Г.П. Иллев*



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
**№ 2019621724**

**"Физико-химические характеристики воды озер территории тундры бассейна р. Хатанга"**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова" (RU)*

Авторы: *Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Городничев Руслан Михайлович (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU), Фролова Лариса Александровна (RU), Левина Сардана Николаевна (RU), Давыдова Парасковья Васильевна (RU)*

Заявка № **2019621631**  
Дата поступления **30 сентября 2019 г.**  
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных **08 октября 2019 г.**



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности  
*Г.П. Ивлиев* Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
**№ 2020621184**

**«Таксономический состав диатомовых водорослей класса Fragilariophyceae арктических озер бассейна реки Лена»**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова" (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № **2020621021**  
Дата поступления **03 июля 2020 г.**  
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных **10 июля 2020 г.**



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности  
*Г.П. Ивлиев* Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных

**№ 2020622832**

«Bacillariophyta класса Mediophyceae арктических озер бассейна реки Лена»

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова" (RU)*

Авторы: *Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Городничев Руслан Михайлович (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU), Левина Сардана Николаевна (RU), Давыдова Парасковья Васильевна (RU), Фролова Лариса Александровна (RU)*

Заявка № **2020622715**  
Дата поступления **18 декабря 2020 г.**  
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных **29 декабря 2020 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности



*Г.П. Илизиев* Г.П. Илизиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных

**№ 2020622784**

«Диатомовые водоросли класса Coscinodiscophyceae арктических озер бассейна реки Лена»

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова" (RU)*

Авторы: *Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Городничев Руслан Михайлович (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU), Левина Сардана Николаевна (RU), Давыдова Парасковья Васильевна (RU), Фролова Лариса Александровна (RU)*

Заявка № **2020622706**  
Дата поступления **18 декабря 2020 г.**  
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных **23 декабря 2020 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности



*Г.П. Илизиев* Г.П. Илизиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
№ 2021621103

«Диатомовые водоросли класса Bacillariophyceae арктических озер бассейна реки Лена»

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова" (RU)*

Авторы: *Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Городничев Руслан Михайлович (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU), Левина Сардана Николаевна (RU), Давыдова Парасковья Васильевна (RU), Башиева Изабелла Антоновна (RU), Фролова Лариса Александровна (RU)*

Заявка № 2021620931  
Дата поступления 12 мая 2021 г.  
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 27 мая 2021 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности



*Г.П. Изиев* Г.П. Изиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации базы данных  
№ 2022622084

«Диатомовые водоросли озер бассейна реки Амгуэма»

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова" (RU)*

Авторы: *Давыдова Парасковья Васильевна (RU), Пестрякова Людмила Агафьевна (RU), Захаров Евгений Сергеевич (RU), Городничев Руслан Михайлович (RU), Ушницкая Лена Алексеевна (RU)*

Заявка № 2022621935  
Дата поступления 04 августа 2022 г.  
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 18 августа 2022 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности



*Ю.С. Зубов* Ю.С. Зубов

