

1

*На правах рукописи*  
УДК 574:556.55 (571.56-191.2)

КСЕНОФОНТОВА Марта Ивановна

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ  
ОЗЕР ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ**

25.00.36 – геоэкология

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

*М.И. Ксенофонт*



Санкт-Петербург  
2009

Работа выполнена на кафедре экологии ГОУ ВПО «Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова»

Научный руководитель: кандидат биологических наук, доцент  
Пестрякова Людмила Агафьевна

Официальные  
оппоненты: доктор географических наук, профессор  
Алхименко Александр Петрович

кандидат географических наук, доцент  
Крылова Юлия Викторовна

Ведущая организация: Тихоокеанский институт географии ДВО  
РАН

Защита диссертации состоится «30» октября 2009 г. в 14 часов на заседании совета Д 212.199.26 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Российском государственном педагогическом университете им. А.И.Герцена по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, д. 48 корп. 12, ауд. 21

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена.

Автореферат разослан «29» октября 2009 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  И.П. МАХОВА

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Существует мнение, что Якутия является одной из самых водообеспеченных территорий России. Если в целом по территории бывшего Советского Союза на 1 км<sup>2</sup> приходится 195 тыс. м<sup>3</sup> поверхностного стока в год и 20,8 тыс. м<sup>3</sup> на душу населения, то для Якутии эти цифры соответственно равны 250 тыс. м<sup>3</sup> и 500 тыс. м<sup>3</sup> (Чистяков, 1964). В реальности эти цифры не отражают действительного водообеспечения республики, что связано, прежде всего, с тем, что масса вод крупных непромерзающих рек: Алдана, Лены, Вилюя и Амги стекает во время весеннего половодья, не оказывая существенного влияния на водообеспеченность населенных пунктов. Остальные реки, лишенные грунтового питания из-за существования многолетнемерзлых пород, промерзают в зимний период и не могут служить источником водоснабжения. Исторически и географически сложилось, что большинство сельских населенных пунктов размещаются около озер. С другой стороны, озера, используемые для водоснабжения, как правило, расположены вблизи населенных пунктов и быстро деградируют, в результате взаимодействия природных и антропогенных факторов, поэтому приходится доставлять воду из водоемов, расположенных на больших расстояниях от поселений. Многие из них недоступны из-за заболачивания прибрежной зоны. При кажущейся высокой водообеспеченности республики, в действительности существует серьезная проблема в этой области.

**Объект исследования:** разнотипные озера, расположенные на Лено-Амгинском и Лено-Вилюйском междуречьях Центральной Якутии.

**Предмет исследования** – процессы формирования химического состава озерных вод.

**Целью** настоящей работы является оценка геоэкологического состояния разнотипных озер Центральной Якутии и выявление пространственных закономерностей их развития.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. составить банк данных озер Центральной Якутии по материалам собственных полевых исследований с использованием фондов ФГНУ Института прикладной экологии Севера (ИПЭС) и лаборатории озероведения Якутского госуниверситета (ЛОЗ);
2. выявить региональные различия лимнологических и гидрохимических параметров изученных озер Центральной Якутии с учетом природно-климатических условий;
3. определить основные экологические факторы, формирующие химический состав озерных вод по двум междуречьям – Лено-Амгинского и Лено-Вилюйского;
4. провести типизацию озер по гидрохимическим показателям;
5. дать оценку современного состояния изученных озер и выявить источники их загрязнения;

6. разработать предложения по организации водоохранных мероприятий озерных экосистем с учетом их региональных особенностей.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Озера Лено-Амгинского и Лено-Вилуйского междуречий различаются по водородному показателю pH, минерализации и жесткости.

2. Современное состояние озер Лено-Вилуйского междуречья оценивается как «водоемы относительного экологического благополучия», а Лено-Амгинского как «водоемы экологического кризиса».

3. Разработан подход к оценке геоэкологического состояния озер на основе индекса экологического состояния.

**Методы исследования и фактический материал.** При исследовании использованы современные физико-химические методы количественного химического анализа, регламентируемые нормативной документацией, утвержденной в установленном порядке для целей мониторинга и экологического контроля (РД, ПНД Ф, ГОСТ). Статистическая обработка банка данных проводилась с помощью программ Microsoft Excel 2000, Grapher 3, Gold-Геохимик. Достоверность различий оценивалась по t-критерию Стьюдента, с определением уровня вероятности. Построение карт осуществлялось с помощью программы Arc View GIS 3.2.a.

**Информационной базой** данной работы послужили авторские материалы, полученные в экспедициях, организованных в рамках российско-германского сотрудничества между Якутским госуниверситетом им. М.К. Аммосова и Институтом Морских и Полярных исследований им. Альфреда Вегенера (Германия, г. Потсдам) в летний период (июль) с 2003 по 2006 гг. с использованием результатов полевых исследований ФГНУ ИПЭС, фондовых материалов лимнологических исследований ЛОЗ. Оценка химического загрязнения водоемов осуществлялась по результатам гидрохимических исследований на базе Лаборатории физико-химических методов анализа ФГНУ ИПЭС. Выполнено свыше 2000 анализов.

**Научная новизна работы:**

1. впервые выявлены региональные различия химического состава озерных вод Центральной Якутии;
2. впервые проведена типизация озер по гидрохимическим показателям;
3. впервые выделены критерии оценки состояния озер с применением индекса экологического состояния озер;
4. впервые дана геоэкологическая оценка современного состояния озер.

**Обоснованность и достоверность** результатов исследования базируется в использовании обширного фактического материала, применении современных методов гидрохимического и статистического анализа.

**Теоретическая значимость** исследования заключается в выявлении основных типов и подтипов озер по гидрохимическим показателям. Для геоэкологической оценки использованы критерии оценки водоемов с использованием индекса экологического состояния экосистем по четырем биогенным элементам.

**Практическая значимость.** Результаты исследований могут быть использованы в целевых программах по обеспечению населения доброкачественной питьевой водой, водоохраных мероприятиях и при проведении геоэкологического мониторинга озер. Созданная автором информационная база данных гидрохимических и лимнологических показателей озёр исследуемой территории позволяет в комплексе рассматривать изменения экологической ситуации в районе исследования. Полученные результаты могут быть использованы в научно-практических работах студентов-экологов (спецкурсы, семинары, практикумы).

**Внедрение результатов исследований.** Все исследования выполнялись в соответствии с тематическими работами кафедры экологии по основным темам: 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 «Разработка Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки Лена (СКИОВР, № 4655-6с, 2002); в рамках реализации 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); в рамках российско-германского проекта по составлению калибровочного банка данных озер Якутии с институтом Полярных и Морских исследований им. Альфреда Вегенера (AWI), Потсдам, Германия: «Expedition "Verkhoyansk 2005" – Limnogeological studies at Lake Billyakh, Verkhoyansk Mountains, Yakutia»(2006); «Limnological studies in Central and North-east Yakutia in summer 2003–2006»; «Биоиндикационная оценка качества питьевых вод р. Анабар»(№ 8.27, 2005); «Исследование влияния сточных дренажных полигонов золотодобывающих предприятий на гидрохимическое и гидробиологическое состояние водоемов бассейна р. Малый Патом» (2005, № МИО-3/2005), «Исследование влияния р. Малый Патом на гидрохимическое и гидробиологическое состояние вод р. Лена» (2005, 27/2005); «Проведение исследований природных и антропогенных факторов формирования и проявления повышенного содержания тяжелых металлов в поверхностных водных объектах р. Алдан (в районе Селигдар-Якобит-Томмот)» (2006, № МИО-1/2006)

**Апробация работы.** Основные результаты исследования докладывались автором на различного уровня конференциях, в т. ч. Annual meeting of the German Society for Limnology, University of Potsdam, Germany, 2004–2005., X и XI Лаврентьевских чтениях по секции «Технические науки и науки о Земле» 2006–2007 гг., Герценовские чтения РГПУ им. А. И. Герцена г. Санкт-Петербург (2008), Парламентские слушания на тему «Проблемы обеспечения населения чистой питьевой водой в Республике Саха (Якутия)» (2008, Якутск), III Республиканской научно-практической конференции по водопользованию (2008, Якутск), на научно-практической конференции «Прикладная экология Севера: экологические проблемы северных городов»

(2008, Якутск), республиканской научно-практической конференции «Управление водохозяйственным комплексом Республики Саха (Якутия), задачи на ближайшие 10 лет» (2008, Якутск).

**Личный вклад автора и объекты исследований.** Основными источниками фактического материала для диссертационной работы послужили полевые и лабораторные исследования, проведенные лично автором. К настоящему времени автором выполнено более 2000 гидрохимических анализов в Лаборатории физико-химических методов анализа ФГНУ ИПЭС и осуществлена статистическая обработка полученных материалов.

**Структура и содержание диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы.

Основное содержание изложено на 144 страницах машинописного текста, иллюстрировано 38 рисунками и 18 таблицами. Список литературы включает 130 наименования.

## **II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** обосновывается актуальность, определяется объект, предмет и цель, основные задачи исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, обоснованы научная новизна и практическая значимость результатов исследования.

В первой главе «**Физико-географические условия района исследования**» дается характеристика природно-климатических условий. Центральная Якутия занимает территорию, охватывающую среднее течение реки Лены, средние и нижние течения рек Вилюй, Алдан, Лено-Вилюйское и Лено-Амгинское междуречья. С востока и северо-востока район ограничен Верхоянским хребтом и его отрогами, с юга – Патомским, Алданским нагорьями, с запада Приленским плоской возвышенностью (Зольников, 1954).

Характерной особенностью территории является ее положение на стыке трех крупных и достаточно своеобразных по своей природе географических областей. Основу рельефа Центральной Якутии составляют древние морфоструктуры мезо-кайнозойского времени, преобразованные экзогенными процессами в современные аккумулятивные, эрозионно-аккумулятивные и денудационные равнины и плато, осложненные криогенными, эоловыми и другими формами. Особенность Центральной Якутии – это формирование типичных степных ландшафтов, где формируются черноземовидные почвы – мерзлотные черноземно-луговые и мерзлотные лугово-черноземные. Своеобразным в рельефе Центральной Якутии является наличие многочисленных котловин и западин, образующихся в результате протаивания многолетнемерзлых горных пород и проседания грунтов. Мощность многолетнемерзлых пород здесь составляет 250-300 м, температура на глубине затухания годовых теплооборотов

доходит до  $-4^{\circ}\text{C}$ . С ними связано происхождение большого количества озер и «аласов» (лугов в озерных котловинах).

Климат наряду с рельефом является ведущим фактором природной среды, оказывающим первостепенное влияние на характер и количество озер. Климатические условия Центральной Якутии непосредственно отражаются на формировании природно-экологических условий лимнических систем, в том числе на состав озерных вод. Климат района резко-континентальный, что проявляется в больших колебаниях сезонных температур воздуха, в малом количестве осадков, приходящихся главным образом на теплый период года. Летний сезон теплый, засушливый, а местами очень засушливый, среднегодовое количество осадков до 300 мм (Атлас..., 1989). Эти черты климата определяются факторами ее климатообразования, связанными, в свою очередь, с географическим положением Центральной Якутии в сравнительно высоких широтах и в северо-восточной части Евразийского материка.

По сравнению с другими районами республики Саха (Якутия), изученная территория является одной из заозеренных, что объясняется невысоким гипсометрическим положением и малой дренированностью территории.

Первые лимнологические сведения территории Центральной Якутии даны в работах В.Н. Зверева (1913, 1914), К.К. Никифорова (1913, 1914) и В.П. Дробова (1916), где авторы описывают озера Лено-Вилуйского и Лено-Амгинского междуречий. К различным аспектам исследований озер Центральной Якутии посвящены многочисленные работы (Семенович, 1935; Нагель, 1936; Граве, 1944; Пчелинцев, 1946; Ефимов, 1946, 1950; Павлов, 1965; Игнатъев, 1973; Жирков, 1977, 1983, 2000-2008; Десяткин, 1983; Пестрякова, 1983, 1994, 2000-2008; Андреев, 1989, 2000; Субетто и др., 2007 и др.). Н.П. Босиковым (1991) на основе анализа морфологии термокарстовых котловин выявлены закономерности современного развития аласных котловин Центральной Якутии, дана оценка влияния климата на колебания уровня озер, установлены ритмы их водности. Влияния климата на мерзлотные ландшафты и изменение температурных условий озер Центральной Якутии отражены в работах Ф.Э.Арэ (1969), М.К. Гавриловой (1969), А.И. Федорова и др. Большая часть опубликованных работ посвящена описанию отдельных озер, их групп или озерных районов.

Различные стороны гидрогеохимии элементов водоемов изучались в разное время многими исследователями (Егоров, 1967; Егоров и др., 1970; Анисимова, 1959, 1974; Брюханов, 1961-1966). Исследования химического состава льда и вмещающих его пород ледового комплекса на Лено-Амгинском междуречье были проведены Институтом мерзлотоведения СО РАН (Анисимова, 1959-1974).

Комплексные лимнологические исследования озер Центральной Якутии начаты в 70-х годах XX века Лабораторией озероведения Якутского госуниверситета им. М.К. Аммосова. В 1991 г. Лабораторией озероведения Якутского госуниверситета была выполнена научно-исследовательская работа под названием “Эколого-лимнологическая паспортизация озёр в черте

г. Якутска". В работе рассматриваются такие вопросы, как общее состояние обследованных озер, источники загрязнения, восстановление проточности, рекомендации по эколого-охранным мероприятиям. Начиная с 2003 года в рамках российско-германского проекта между Якутским госуниверситетом им. М.К. Аммосова и институтом Полярных и Морских исследований им. А. Вегенера изучаются опорные разрезы озер Центральной Якутии для восстановления истории озер.

Во второй главе «**Материалы и методика**» приведен фактический материал и методика их исследования. Основной фактический материал, включающий лимнологические характеристики из 188 разнотипных озер, собран автором в ходе полевых работ в период с 2003 по 2006 гг, с использованием фондовых материалов Лаборатории озероведения ЯГУ и ФГНУ Института прикладной экологии Севера.

Пробы воды отбирались с лодки из максимальной глубины водоемов по стандартам. Отбор проб воды производился при помощи батометра ÜWITEC № 100718 (Австрия) емкостью 2 л. с маркированными капроновыми шнурами на баране по 50 м. В полевых условиях были определены: координаты расположения озер, температура воды, прозрачность (по диску Секки), глубина, электропроводность, водородный показатель pH, содержание кислорода, общего железа по стандартным методикам. Химический анализ воды выполнен автором в лабораториях физико-химических методов анализа ИПЭС и геохимии Института полярных и морских исследований им. А. Вегенера (Потсдам, Германия) по общепринятым методикам.

Исследованные автором озера (188) расположены на территории Центральной Якутии и относятся к бассейнам Лено-Амгинского (n=92) и Лено-Вилуйского (n=96) междуречий.

В работе широко использовались разнообразные методы исследования: химические (потенциометрические, фотометрические, колориметрические, титриметрические, капиллярный электрофорез и др.), а также экологические, картографические. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программы «Gold-Геохимик».

Автором была составлена статистическая информационная матрица лимнологических переменных из 17 наименований (табл.1). Для выявления статистически значимых различий между переменными в разных выборках оценивали по t-критерию Стьюдента, с определением уровня вероятности. Используются общепринятые статистические параметры - величина средней арифметической, ее ошибка, дисперсия признака, также метод главных компонент и кластерный анализ. Построение карт осуществлялось с помощью программы Arc View GIS 3.2.a, GOLD-геохимик.

Экологическая оценка современного состояния вод обследованных озер дается с использованием нормативов предельно допустимой концентрации (ПДК) в воде для водоемов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначений.

Статистические показатели экологических параметров 188 озер

Показатели	Лено-Вилуйское междуречье			Лено-Амгинское междуречье		
	мин	макс	среднее	мин	макс	среднее
Площадь озера, S км <sup>2</sup>	0,02	114,34	3,75	0,01	36	1,15
Глубина, h м	0,9	72,0	3,62	0,9	17,1	3,19
Прозрачность, м	0,2	11,0	1,09	0,1	2	0,53
Водородный показатель pH	6,0	9,92	7,76	4,5	10,24	8,42
Электропроводность, mS/cm	30,92	4827,69	552,87	60,14	7743,55	1179,39
Жесткость, мг-экв/л	0,08	41,1	3,56	0,36	25,32	5,4
Минерализация, мг/л	20,1	3138,0	359,37	39,09	5033,31	766,6
Железо общее, мг/л	0,01	8,7	0,36	0	1,5	0,15
Кальций, мг/л	0,4	124,1	27,01	0,4	505,0	38,45
Магний, мг/л	0,96	459,5	29,7	0,2	202,66	55,01
Кремний, мг/л	0,07	20,1	3,99	0,07	36,00	7,44
Аммоний, мг/л	0,01	5,93	0,51	0,01	5,4	0,87
Натрий+калий, мг/л	0,1	235,43	37,14	0,32	1191,4	103,56
Фосфаты, мг/л	0,0	0,79	0,07	0	4,4	0,19
Гидрокарбонаты, мг/л	9,15	2242,87	238,82	25,2	3721,0	492,85
Сульфаты, мг/л	0,07	98,88	11,43	0,07	89,87	18,55
Хлориды, мг/л	0,3	130,8	15,02	0,15	408,5	63,01

Для оценки суммарного эффекта воздействия загрязнения озерных вод на сообщества гидробионтов и на экосистему в целом автором рассчитан индекс экологического состояния экосистемы (ИИЭС) (Зинченко, Выхристюк, 2000). При составлении списка гидрохимических показателей в основу формирования балльной системы была взята работа О.П. Окснюк с соавторами (1983).

В третьей главе «Характеристика природных компонентов озер Центральной Якутии» представлены морфологические и морфометрические показатели исследованных озер (табл. 2). При определении генезиса изученных озер автор придерживался морфогенетической классификации И.И. Жиркова (1983, 2000). Все изученные озера относились к четырем генетическим типам.

**Термокарстовые озера** распространены почти повсеместно, но наиболее обычны на покровных (лессовидных) сулгинках древних выровненных денудационных равнин и плато, сложенных мезозойскими осадочными породами, на покровах современных денудационных равнин и плато с теми же мезозойскими породами, а также на средних и высоких террасах крупных рек Центральной Якутии. Как правило, термокарстовые озера не отличаются большими размерами и глубинами (в пределах 3-5 м).

Всего 75% всех исследованных озер относятся к термокарстовым водоемам. В Лено-Вилуйском междуречье они составляют 70% из всего числа изученных озер данного междуречья, а в Лено-Амгинском – 72%.

Максимальная глубина в Лено-Вилуйском междуречье была отмечена в озере Люнке (18 м), а на Лено-Амгинском междуречье – в озере Улахан

Сырдах (13 м). Прозрачность воды невысокая, свойственная к типичным термокарстовым озерам Центральной Якутии.

Таблица 2

**Морфометрические параметры всех типов озер**

Показатели	Междуречье					
	Лено-Вилуйское			Лено-Амгинское		
	мин	макс	среднее	мин	макс	среднее
<b>Термокарстовые</b>						
Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	0,017	5,4	0,93	0,002	36	0,97
Глубина, м	0,9	18	2,5	0,9	13	2,97
Прозрачность, м	0,2	4	0,9	0,1	2	0,55
<b>Тукулановые</b>						
Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	0,12	45	7,41	0,02	1,12	0,29
Глубина, м	1,4	2,5	2,08	1,2	4,9	3,2
Прозрачность, м	0,4	0,5	0,47	0,15	1,2	0,46
<b>Водно-эрозионные</b>						
Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	0,15	2,24	0,89	0,24	1,96	1,1
Глубина, м	0,9	4	2,3	1,6	10,4	2,3
Прозрачность, м	0,4	2,6	1,1	0,3	1,2	0,8
<b>Эрозионно-термокарстовые</b>						
Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	1,48	114,3	49,9	0,014	19,2	3,3
Глубина, м	2,4	9	4,9	1,5	4,5	2,6
Прозрачность, м	0,5	0,6	0,55	0,15	0,1	0,5

Котловины *водно-эрозионных озер* образовались в области древней и современной миграции рек Лена и Вилуй и их притоков. В дальнейшем формировании их котловин преимущественную роль играет термокарстовый процесс, затем постепенно на высоких надпойменных террасах и на древней аллювиальной равнине они постепенно превращаются в аласы (Пестрякова, 1983). Из исследованных водоемов к ним относятся около 13% озер, в т.ч. 11 озер расположены на территории Лено-Вилуйского междуречья, 13 озер – на Лено-Амгинском (табл. 2).

Наибольшая площадь водного зеркала отмечено в оз. Богуда (Лено-Вилуйское междуречье). В целом, по средним значениям глубин и прозрачности воды водно-эрозионные озера двух междуречий существенно не отличаются.

Озера *эрозионно-термокарстового* типа являются наиболее древними на территории Центральной Якутии, о чем свидетельствует максимальная мощность донных отложений (до 4,5–5,5 м). Котловины находятся на поверхности террас рек, сложенных верхнечетвертичными ледниковыми и межледниковыми отложениями. Из изученных нами водоемов к эрозионно-термокарстовому типу относятся 12 водоемов, из них в Лено-Вилуйском междуречье расположены 3 озера, в Лено-Амгинском – 9 (табл. 1). К данному типу озер относятся уникальные озера нашей республики – Ниджили, Дженкюдя, расположенные на Лено-Вилуйском междуречье. Наибольшую площадь водного зеркала и глубину из исследованных эрозионно-термокарстовых озер имеет оз. Ниджили. В отличие от термокарстовых озер

водоемы данного типа просихождения отличаются наибольшей глубиной и площадью водного зеркала.

Весьма своеобразными природными комплексами Центральной Якутии относятся массивы перевеваемых в дюны песков (местное название «тукуланы»), широко распространенных в бассейне нижнего течения реки Вилюй и ее притоков (Тюнг, Линдэ), а также в бассейне среднего течения реки Лена. Большое количество озер расположено в межрядовых понижениях, в котловинах выдувания и в котловинах навевания тукуланов. Устанавливаются генетические взаимосвязи озерных котловин в тукуланах с подстилающими массивами песков, от мощности которых зависят все морфометрические показатели озер (Жирков, 1983, Пестрякова, 1983). Отличительной особенностью *тукулановых озер* – высокая прозрачность воды. В наших исследованиях к тукулановым озерам относятся всего 13, в основном из Лено-Вилюйского междуречья, морфометрические параметры которых различны. Тукулановые озера, расположенные на Лено-Вилюйском междуречье большие, мелководные с высокой прозрачности воды. На Лено-Амгинском междуречье тукулановые озера имеют меньший размер, характерна низкая прозрачность воды, однако они относительно глубоки.

Таким образом, распределение озер по типам их происхождения и по морфометрическим показателям на Лено-Вилюйском и Лено-Амгинских междуречьях неодинаково.

К основным природным факторам, формирующим химический состав поверхностных вод Центральной Якутии следует отнести атмосферные воды, почвенный покров, подземные воды и талые наледные воды. Согласно данным Н.П. Анисимовой (1970), минерализация дождевых вод на территории Центральной Якутии не превышает 10 мг/л и лишь на Лено-Амгинском междуречье она может достигать в отдельных случаях до 20–40 мг/л. В анионном составе этих вод преобладают ионы  $\text{HCO}_3^-$ , в катионном составе – иона магния, натрия и кальция. Также существенную роль играет антропогенный пресс. На Лено-Вилюйском междуречье преобладают гидрокарбонатно-магниевые воды и составляют 69% исследованных вод, гидрокарбонатно-кальциевые – 21%, гидрокарбонатно-натриевые – 10%. На Лено-Амгинском междуречье 85% всех исследованных вод имеют гидрокарбонатно-магниевый состав, доля гидрокарбонатно-кальциевых и другого состава мала и составляют 9% и 6% соответственно.

Минерализация имеет важнейшее значение при характеристике химического состава исследованных озерных вод и варьирует в широких пределах от 20,1 до 5033 мг/л (рис. 1).

Пространственное различие между минерализацией озерных вод Лено-Вилюйского и Лено-Амгинского междуречий существенно. В частности, в Лено-Вилюйском междуречье преобладают мало- и среднеминерализованные воды, а в Лено-Амгинском междуречье – среднеминерализованные воды и воды повышенной минерализации. Интересен факт, что в Лено-Амгинском междуречье доля высокоминерализованных вод выше, чем в Лено-Вилюйском и составляет до 15% всех исследованных вод.

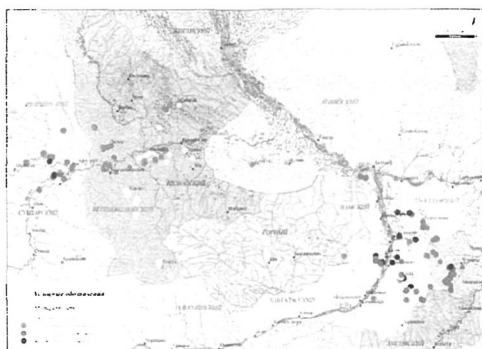


Рис. 1. Карта-схема содержания минерализации воды в исследованных озерах

Водородный показатель рН имеет важнейшее значение при характеристике среды исследованных озерных вод и варьирует в широких пределах от 4,5 (кислые) до 10,2 (сильнощелочных) (рис. 2).

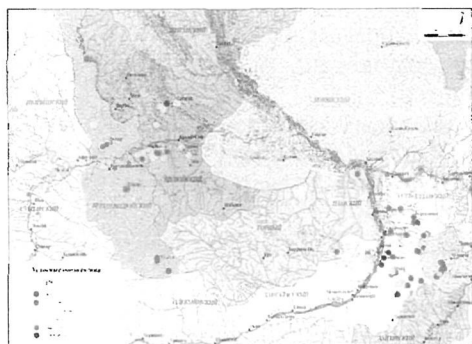


Рис. 2. Карта-схема распределения показателя рН воды в исследованных озерах

В целом, большинство изученных нами озерных вод имеют слабощелочную среду. Единственное озеро Усун Кюель (Усть-Алданский улус) имеет до рН 5, то есть кислую среду. В Лено – Вилюйском междуречье преобладают слабощелочные воды (51%), в Лено-Амгинском междуречье – щелочные (46,3%). Сильнощелочные воды встречаются в Лено-Амгинском междуречье (6,3%), слабокислые воды отмечены в Лено-Вилюйском междуречье (7,44%).

В изученных нами озерных водах преобладают умеренно-жесткие воды (до 6 мг-экв/л), также встречаются водоемы с очень мягкими, мягкими и жесткими водами (рис. 3).

На Лено-Вилюйском междуречье чаще встречаются водоемы с очень мягкой, мягкой и умеренно-жесткой водой. Доля жестких и очень жестких вод мала. На Лено-Амгинском междуречье большинство озер с умеренно-жесткой водой. Количество водоемов с жесткими и очень жесткими водами

больше на Лено-Амгинском междуречье, чем на Лено-Виллойском. Интересен факт, что на Лено-Амгинском междуречье доля озер с очень мягкими водами мала и составляет до 7%.

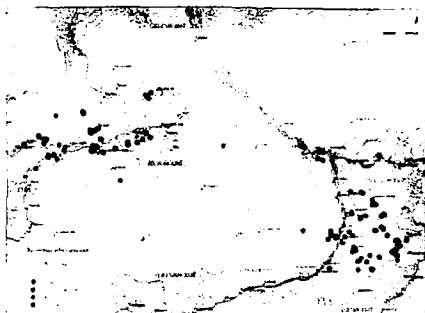


Рис. 3. Карта-схема общей жесткости исследованных озер Центральной Якутии

Для выявления основных факторов, влияющих на химический состав исследованных озерных вод исследованы основные гидрохимические показатели по типам происхождения озер.

Химизм воды **термокарстовых озер** и его динамика находятся в прямой зависимости от химического состава льдосодержащих суглинков, при протаивании которых они сформировались, а также от гидрологического режима водоема, связанного с особенностями резко-континентального климата Центральной Якутии, определяющего весьма интенсивное испарение воды летом, глубокое промерзание зимой, слабую восполняемость их атмосферными осадками. На них оказывают влияние интенсивно протекающие в донных отложениях биохимические процессы, а также взаимодействие с подземными водами развитого под озером талика.

Минерализация вод термокарстовых озер двух междуречий существенно различается. В Лено-Виллойском междуречье она варьирует в пределах от 55,3 до 3138 мг/л. Доля маломинерализованных вод здесь составляет до 37%, среднеминерализованных – 42%. Незначительны здесь озера с повышенной минерализацией (18%) и совсем мало высокоминерализованные озера (3%). А в озерах Лено-Амгинского междуречья градиент минерализации шире (39,1 до 5033,31 мг/л), доля маломинерализованных вод составляет 9%, среднеминерализованных – 39 %, вод повышенной и высокой минерализации 35% и 17% соответственно. В целом, доля термокарстовых озер повышенной и высокой минерализации вод выше в Лено-Амгинском междуречье.

Водородный показатель pH различен в двух регионах. В Лено-Виллойском междуречье водная среда меняется от «слабокислых» (6,02) до «сильнощелочных» (9,92). Доля слабокислых вод составляет до 8%, нейтральных – до 25%, слабощелочных – до 50%, щелочных – до 15%, сильнощелочных – 2%. В Лено-Амгинском междуречье картина распределения водородного показателя pH различна и варьирует в широких пределах от «кислых» (4,5) до «сильнощелочных» (10,4) вод. Высока доля

щелочных вод и составляет 54%, сильнощелочных – 9%. Следовательно, в Лено-Амгинском междуречье распространены щелочные воды.

Жесткость озерной воды двух междуречий меняется в широких пределах от «очень мягких» до «сильно жестких» вод. Доля очень мягких вод на Лено-Виллойском междуречье составляет 24%, мягких – 30%, умеренно-жестких – 36%, жестких – 3%, очень жестких – 7%, а в Лено-Амгинском междуречье – 6%, 20%, 43%, 22%, 9% соответственно. В целом, доля жестких вод выше на Лено-Амгинском междуречье.

По классификации О.А. Алекина (1953) большинство исследованных термокарстовых озер имеют гидрокарбонатно-магниевый состав воды. Значительное различие отмечается в распределении катионов (А) и анионов (Б) в водоемах обоих междуречий (рис. 4).

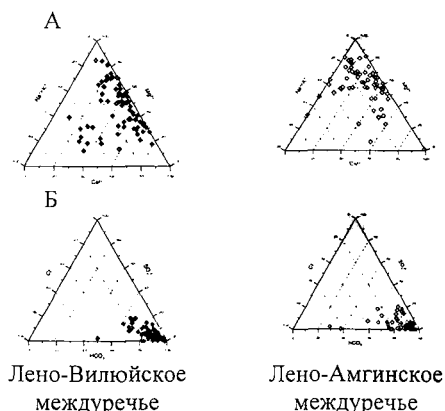


Рис. 4. Катионный (А) и анионный (Б) состав озерных вод двух регионов

В частности в Лено-Амгинском междуречье встречаются водоемы с преобладанием в катионном составе ионов натрия и калия, гидрокарбонатов (содовые озера). Котловины данного типа озер находятся на Тюнголюнской и Абалахской террасах. На Лено-Виллойском междуречье отмечены водоемы с гидрокарбонатно-кальциевым составом.

В зависимости от стадии развития озерного термокарста существенно различаются ионный состав и содержание некоторых компонентов озерных вод. Для исследования нами были выбраны следующие озера: Б-4, Б-5 и Б-6, соответствующие по стадии развития озерного термокарста к «дюёдя»; Х – «тымпы»; Юкэчи – «зрелый алас». Исследованные озера Юкэчинского полигона имеют малые площади водного зеркала (от 0,002 до 0,02 км<sup>2</sup>). Их глубины различны и зависят от стадии развития термокарста. Наибольшая глубина наблюдается в озерах на стадии «тымпы» (Х) и «дюёдя» (Б-б) до 4,6 м, наименьшая – на «дюёдя» Б-4 и в озере Юкэчи до 1,8 м.

Содержание растворенного кислорода в период исследования колеблется от 6,5 до 9,5 мг/л, кроме Б-4, где отмечено низкое содержание – 3,8 мг/л.

Свободная двуокись в молодых озерах не зафиксировано, кроме озера Юкэчи, где отмечено его содержание (8,8 мг/л).

По аналитическим данным нами выявлены существенные различия химического состава озерных вод различных стадий развития термокарста. В Юкэчинском полигоне рН воды в озерах стадии «дюёдя» – щелочная (8,54–9,05), рН озера Юкэчи – слабощелочная (8,08).

По степени минерализации озера стадии дюёдя (Б-4, Б-6) относятся к водам повышенной минерализации; Б-5 и Х – высокоминерализованным, а Юкэчи относится к водам повышенной минерализации. Озера стадии «дюёдя» и «алас» относятся к гидрокарбонатно-магниево-кальциевым водам, в стадии «тымпы» – вода гидрокарбонатно-кальциевая.

Содержание азота аммонийного в обследованных водоемах меняется в широких пределах от 0,5 мг/л (Б-6) до 2,01 мг/л (Б-5 и Х). Нитриты, находящиеся в растворенном виде в исследованных водах варьируют от 0,007 мг/л (Юкэчи) до 0,53 мг/л (Б-4). Их повышенное содержание, зафиксированное в начальных стадиях развития озерного термокарста – «дюёдя», вероятно, указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления нитритов в нитраты. Концентрация ионов кремния в воде незначительна (3,6-10,2 мг/л). Во всех озерах в период наблюдения отмечен дефицит содержания фосфатов в воде, кроме «тымпы» Х, где зафиксировано 0,06 мг/л. Железо также является одним из важнейших биогенных элементов, воздействующих на интенсивность развития фитопланктона и на качественный состав микрофлоры в водоеме. Содержание общего железа в незначительных количествах зафиксировано в молодых озерах (до 0,005 мг/л), а в озере Юкэчи его значение гораздо выше (до 0,52 мг/л). Таким образом, озерные воды стадий развития термокарстовых озер (дюёдя-тымпы-зрелое озеро) различаются по химическому составу.

Гидрохимический режим **водно-эрозионных озер** тесно связан с природными особенностями бассейнов речных систем, в пределах которых они расположены, по основным типологическим показателям. Они четко отличаются от озер других морфогенетических типов. Исследованные нами водно-эрозионные озера средней минерализации, слабощелочные и умеренно-жесткие. По классификации О.А. Алекина (1953) состав водно-эрозионных озер в большинстве случаев гидрокарбонатно-магниево-кальциевый.

Значительная водообменность **тукулановых озер**, очень хорошая проницаемость песков при их неоднократном золовым переотложении, слабое накопление органических веществ создают аномальные природно-экологические условия. Исследованные нами тукулановые озера имеют малую минерализацию, слабощелочную среду и очень мягкие. По классификации Алекина О.А. (1953) в целом имеют гидрокарбонатно-магниево-кальциевый состав.

В разделе 3.3 выявлены региональные геохимические особенности исследованных озер. Сравнение показателей минерализации озер, расположенных на левом и правом берегах р. Вилюй показал, что они

существенно отличаются между собой. В частности, на правобережной части р. Вилюй преобладают воды малой минерализации (63%), а доля вод с повышенной минерализацией выше в левобережной стороне и составляют 52%. Также в здесь встречаются водоемы с высокоминерализованной водой. Минерализация вод левобережных озер закономерно понижается с запада на восток (от 800 до 400 мг/л), в правобережных озерах этот показатель мало меняется и остается относительно постоянным (187–250 мг/л).

Аналогичное сравнение выполнено и на Лено-Амгинском междуречье, где также наблюдается различие в минерализации озерной воды лево- и правобережной стороны р. Лены. Доля высокоминерализованных вод выше в левобережной части р. Лены и составляет 27%. В правобережной части преобладают воды средней и повышенной минерализации (по 38%). Доля маломинерализованных вод ниже в правобережной части р. Лены и составляет всего 8%.

На Лено-Вилюйском междуречье при бассейном подходе выявлено, что доля слабокислых вод выше на правобережной части р. Вилюй и составляет 13%. Щелочные, нейтральные и слабощелочные воды распределены более равномерно на лево- и правобережных сторонах р. Вилюй.

На Лено-Амгинском междуречье выявлено, что в левобережной части р. Лены преобладают нейтральные воды, а в правобережной части доля щелочных вод составляет более 50%. Также на правобережной части встречается водоем с кислой и сильнощелочной средой.

Руководствуясь бассейновым принципом, нами выявлены некоторые региональные различия показателя жесткости озерной воды. На Лено-Вилюйском междуречье на правобережной стороне р. Вилюй преобладают водоемы с очень мягкими водами (50%), а на левобережной стороне – большинство озер с умеренно-жесткими водами. На Лено-Амгинском междуречье водоемы с очень мягкими водами распределены неравномерно, так наибольшее количество озер с данным типом воды находятся в левобережной стороне р. Лена. Также следует отметить, что доля жестких вод выше на правобережной стороне. В целом, на обеих сторонах р. Лена преобладают воды с умеренно-жесткими водами.

В четвертой главе «**Геоэкологическая оценка озер Центральной Якутии**» выделены основные типы озер по гидрохимическим показателям и критерии оценки современного состояния водоемов. Для проведения статистического анализа и построения карт исследованных озер использована программа GOLD-геохимик. В ходе статистической обработки 188 изученных водоемов было выделено 3 основных типа озер, обладающих внутренним относительным однообразием (таблица 3): I тип – гидрокарбонатно-магниевый повышенной минерализации щелочной; II тип – гидрокарбонатно-магниевый среднеминерализованный слабощелочной; III тип – гидрокарбонатный кальциевый повышенной минерализации нейтральный.

К первому типу относятся 66 исследованных озер, расположенные на территории Лено-Амгинского междуречья. В данном типе объединены

водоемы, отличающиеся повышенной минерализацией, со щелочной средой и умеренно-жесткие водами. Первый тип делится на три подтипа: 1.1 высокоминерализованный щелочной жесткий – 36%; 1.2. повышенной минерализации щелочной умеренно-жесткий – 44%; 1.3. среднеминерализованный щелочной умеренно-жесткий – 20%.

Ко второму типу относятся 76 озер, расположенные на территории Лено-Вилкойского междуречья. Озерные воды имеют гидрокарбонатно – магниевый состав, но в отличие от первого типа среднеминерализованные, слабощелочные. Данный тип делится на три подтипа: 2.1. повышенной минерализации щелочной жесткий – 34,2%; 2.2. среднеминерализованный нейтральный умеренно-жесткий – 14,5%; 2.3. маломинерализованный щелочной мягкий – 51,3%.

К третьему типу относятся воды, отличающиеся солевым составом. В третьем типе в анионном составе преобладают гидрокарбонаты, а в катионном – кальций, магний и натрий. Озера данного типа обладают повышенной минерализацией и нейтральной средой. Озера, относящиеся к третьему типу, расположены на Лено-Вилкойском и Лено-Амгинском междуречьях.

Для оценки современного состояния исследованных озер рассчитан индекс экологического состояния экосистемы (ИИЭС), который дает возможность оценить суммарный эффект воздействия на экосистему в целом. Для ИИЭС выбраны 4 гидрохимических показателей ( $\text{NH}_4^-$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Si}^{4+}$ ).

При составлении списка гидрохимических показателей в основу формирования балльной системы была взята работа О.П. Окснюк с соавторами (1983), также градации, предложенные в Проблемы качества воды критерии и нормы качества вод в озерах. Были экспертно оценены числовые диапазоны ИИЭС, соответствующие каждой из зон, определенной нормативными документами (Критерии оценки..., 1992) (табл. 3).

Таблица 3

Индексы ИЭС для озер Центральной Якутии и оценка изученных озер (в %)

Критерии оценки водоемов	Диапазон индекса ИЭС	Междуречья Центральной Якутии	
		Лено-Амгинское	Лено-Вилкойское
I. Экологического бедствия	<2	1,0	—
II. Экологического кризиса	2–3	64,0	37,0
III. Относительного экологического благополучия	>3	35,0	63,0

Рассчитанный ИИЭС по гидрохимическим показателям показал, что большинство исследованных озер относятся к двум критериям: к водоемам относительного экологического благополучия – 94 озер (50 %) и экологического кризиса – (49%). Сопоставление данных в двух междуречьях выявляет, что наибольший набор водоемов с оценкой «водоем экологического кризиса» отмечено на Лено-Амгинском междуречье (n = 59), что составляет 64% озер территории. Водоемы с критерием «экологического бедствия» зафиксированы на Лено-Амгинском междуречье – оз. Прохладное (с. Маган) и оз. Юнеле (с. Туора-Кюель). На Лено-Вилкойском междуречье

преобладают водоемы с относительным экологическим благополучием в количестве 63 озер, что составляет около 63%.

Составлена карта-схема экологического состояния изученных озер Центральной Якутии по рассчитанному ИИЭС (рис. 5).



Рис. 5. Карта-схема экологической оценки состояния водоемов по ИИЭС

Таким образом, по рассчитанному ИИЭС по четырем биогенным элементам выявлено, что большинство озер Лено-Амгинского междуречья находятся в стадии экологического кризиса, что указывает на ухудшения качества озерных вод, поэтому в данной территории остро стоит вопрос обеспечения населения, использующие источником водоснабжения озера, доброкачественной питьевой водой.

Озера Центральной Якутии располагают не только значительными запасами пресных вод, но и другими природными ресурсами: рыбой, водной растительностью, сапропелями, лечебными, рекреационными. Значительными запасами данных ресурсов располагают крупные озера района исследования: оз. Ниджили (Кобяйский район), оз. Мастах (Вилуйский район), оз. Дженкюдя (Нюрбинский район), оз. Мюрю (Усть-Алданский район), оз. Тюнгюлю (Мегино-Кангаласский улус). Водоемы решают острую проблему, связанную с водой в районах, где нет достаточных запасов поверхностных и подземных вод. Многие из исследованных нами озер используются для водоснабжения населенных пунктов, животноводческих ферм, для орошения сельскохозяйственных угодий. Большинство из них располагаются близ населенных пунктов, и часто отмечается ухудшение качества вод в связи с хозяйственной деятельностью человека.

Внесенные также ранее минеральные удобрения на сельхозугодья ускоряют эвтрофикацию озер, ухудшает их гидрохимический и биологический режим.

Типизация озер Центральной Якутии по основным гидрохимическим показателям

Тип	Состав воды (по Курлову)	Подтип	Состав воды (по Курлову)	Пространственное распределение
I. Гидрокарбонатно-магниевый повышенной минерализации щелочной (n = 66)	0,8 $\frac{\text{HCO}_3,82\text{Cl}14\text{SO}_4,4}{\text{Mg}52\text{Na}+\text{K}35\text{Ca}13}$ pH8,8Ж5,4	1.1 Высокоминерализованный щелочной жесткий (n = 24)	1,3 $\frac{\text{HCO}_3,80\text{Cl}7\text{SO}_3,3}{\text{Mg}46\text{Na}+\text{K}45\text{Ca}9}$ pH8,9Ж6,4	Лено-Амгинское междуречье
		1.2 Повышенной минерализации щелочной умеренно-жесткий (n = 29)	0,6 $\frac{\text{HCO}_3,83\text{Cl}8\text{SO}_4,9}{\text{Mg}59\text{Na}+\text{K}21\text{Ca}20}$ pH8,9Ж5,3	
		1.3 Среднеминерализованный щелочной умеренно-жесткий (n = 13)	0,5 $\frac{\text{HCO}_3,92\text{Cl}6\text{SO}_4,2}{\text{Mg}62\text{Ca}24\text{Na}+\text{K}14}$ pH8,4Ж4,8	
II. Гидрокарбонатно-магниевый среднеминерализованный слабощелочной (n = 76)	0,4 $\frac{\text{HCO}_3,88\text{Cl}8\text{SO}_4,4}{\text{Mg}53\text{Ca}25\text{Na}+\text{K}22}$ pH7,9Ж3,9	2.1 Повышенной минерализации щелочной жесткий (n = 26)	0,6 $\frac{\text{HCO}_3,82\text{Cl}24\text{SO}_4,6}{\text{Mg}51\text{Na}+\text{K}27\text{Ca}22}$ pH8,1Ж6,6	Лено-Вилуйское междуречье
		2.2 Среднеминерализованный нейтральный умеренно жесткий (n = 11)	0,3 $\frac{\text{HCO}_3,92\text{Cl}5\text{SO}_4,3}{\text{Mg}52\text{Ca}34\text{Na}+\text{K}14}$ pH7,2Ж3,1	
		2.3 Маломинерализованный щелочной мягкий (n = 39)	0,2 $\frac{\text{HCO}_3,92\text{Cl}5\text{SO}_4,3}{\text{Mg}39\text{Ca}35\text{Na}+\text{K}25}$ pH7,9Ж1,9	
III. Гидрокарбонатно-кальциевый повышенной минерализации нейтральный (n = 46)	0,6 $\frac{\text{HCO}_3,82\text{Cl}14\text{SO}_4,4}{\text{Ca}36\text{Mg}32\text{Na}+\text{K}32}$ pH7,3Ж4,0	—	—	Лено-Амгинское и Лено-Вилуйское междуречье

Условные обозначения: М – минерализация воды (г/л); соотношение катионов и анионов (% мг-экв/л); pH – активная реакция воды;  
Ж – мг-экв/л

Установлено, что около 25% азотных, 33% калийных, и 4% фосфорных удобрений смывается с полей и попадают в водоемы. Озера загрязняются стоками животноводческих комплексов, ферм, летних лагерей скота («сайылык»), которые нередко располагаются на берегах озер.

Помимо загрязнения водоемы страдают от понижения их уровня. Мелиорация земель, проведенная в конце 60–80-х годах прошлого столетия в пределах озерных водосборов, нарушила водный режим и вызвала обмеление и заболачивание озер. Примером может служить озеро Мастах, которое в результате искусственного понижения уровня на данный момент заболачивается и потеряло свое рыбохозяйственное значение.

Среди всего многообразия озер Якутии выделяются необычные озера, отличающиеся по своими размерами, глубинами, историко-этнографической значимостью, богатством природных ресурсов, лечебными свойствами грязевых отложений, режимными особенностями и необычностью происхождения. Учитывая большое значение таких озер в жизни населения Указом первого Президента РС (Я) М.Е. Николаева от 16 августа 1994 г. № 836 был узаконен список 26 озер, признанных «уникальными» (Реки и озера Якутии, 2007). Некоторые из них расположены в Центральной Якутии: оз. Ниджили, Баранатталах, Кемпендйя, Муосаны, Дженкюдя, Мастах в Лено-Вилуйском междуречье; оз. Абалах, Тюнголю, Чабыда, Чурапча, Мюрю, Белое, Лаабыда, Сайсар в Лено-Амгинском междуречье. В подтверждении особого статуса уникальных озер вышло Постановление Правительства РС (Я) от 19.01.1995 г. № 14 «Об утверждении типового положения об особом режиме пользования и охраны уникальных озер Республики Саха (Якутия)», где отмечается необходимость расширения лимнологических исследований и повысить значимость таких озерных ресурсов.

Для улучшения качества озерных вод необходимо проведение ряда мероприятий:

1. соблюдение режима водоохраных зон;
2. решение проблемы водоподготовки и очистки питьевых озерных вод;
3. очистка поступающих хозяйственно-бытовых сточных вод;
4. восстановление экосистем деградированных водоемов.
5. стремление сохранить проточность озер, путем очищения акватории от водной растительности для увеличения продуктивности водоемов (рыболовство).

**В заключении** приведены основные выводы и результаты, полученные в ходе проделанной работы.

1. Большинство озерных вод в период исследования по химическому составу относится к классу гидрокарбонатных, меньшее количество озер имеет хлоридный, сульфатный и смешанный тип. В катионном составе преобладает магний.

2. Генезис озер определяет различия по химическому составу озерных вод Лено-Вилуйского и Лено-Амгинского междуречий. Наименьшую

минерализацию воды имеют тукулановые озера, наибольшую – термокарстовые озера.

3. Доля щелочных и сильнощелочных озер выше в Лено-Амгинском междуречье, в Лено-Вилуйском – слабощелочных. Жесткие и очень жесткие воды встречаются чаще в Лено-Амгинском междуречье

4. Основные три типа и шесть подтипов озер по гидрохимическим показателям указывают на существенные различия в химическом составе озерных вод Лено-Амгинского и Лено-Вилуйского междуречий. Различия выявлены по минерализации, водородному показателю рН и жесткости.

5. Озерные воды Центральной Якутии в различной степени обеспечены биогенными элементами. На Лено-Амгинском междуречье выявлена наибольшая доля озер, где отмечается превышение нормативов ПДК. По рассчитанному ИИЭС выявлено, что большинство озер Лено-Амгинского междуречья находятся в стадии экологического кризиса, что указывает на ухудшение качества озерных вод.

6. Антропогенная обусловленность изменений минерализации и содержания основных компонентов химического состава озерных вод наиболее ощутима на водоемах Лено-Амгинского междуречья.

### III. СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ*

1. Ксенофونتова М.И., Пестрякова Л.А., Босиков Н.П. Диатомовые комплексы и химизм воды термокарстовых озер Юкэчинского полигона // *Наука и образование.- Якутск, 2007. –№2(46). –С. 19–24 (0,38/0,15).*

2. Ксенофонтowa М.И. Ушницкая Л.А. Экологическая оценка состояния озер Лено-Амгинского междуречья // *Проблемы региональной экологии.- ООО Изд. дом «Камертон», 2008. –№2.– с.12–14 (0,18/0,1).*

*в других изданиях*

3. Ksenofontova M.I., Kumke T., Pestryakova, L., Hubberten H.-W. Limnological characteristics of lakes in Central Yakutia. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (eds.), Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie. – Tagungsbericht Weisensee Verlag Berlin, 2007. – P.151–155 (0,31/0,08).

4. Ksenofontova M.I., Pestryakova L.A., Stachura-Suchoples K., Kumke T., Subetto D.A., Gerasimova M.A., Hubberten H.W.. Paleolimnology and paleoecology of central Yakutia: the first results of joint Russian – German expedition. // *Экологическое состояние континентальных водоемов Арктической зоны в связи с промышленным освоением северных территорий. Архангельск: 2005. – С. 124 (0,06/0,01).*

5. Ксенофонтова М.И. Гидрохимическая характеристика озерных вод Центральной Якутии // Материалы X Лаврентьевские чтения. – Якутск, 2006. – С. 126–132 (0,44).

6. Ксенофонтова М.И., Пестрякова Л.А., Ушницкая Л.А., Собакина И.Г. Предварительная оценка качества вод водохранилищ водовода Лена-Туора-Кюель // Наука и образование. – Якутск: Изд. ЯГУ, 2005. – С. 56–58 (0,19/0,04).

7. Ксенофонтова М.И., Пестрякова Л.А., Ушницкая Л.А., Собакина И.Г. Предварительные результаты качества вод магистрального водовода Лена-Туора-Кюель. // Обеспечение гидротехнических сооружений, минимизация вредного воздействия вод в период прохождения паводков на малых реках повышение эффективности использования их долин. – Якутск: Сайдам, 2006. – С. 90–99 (0,63/0,16).

8. Ksenofontova M., Wetterich S., Herzs Schuh U., Pestryakova L.A., Daibanyrova M. Limnological studies in Central and North-east Yakutia in summer 2005 // Russian-German Cooperation Potsdam – Yakutsk: The Expedition Central Yakutia-2005, 2006. – P. 251–265 (1,0/0,2).

9. Ksenofontova M., Kumke T., Pestryakova L., Nazarova L., Hubberten H.-W. Limnological characteristics of lakes in the lowlands of Central Yakutia, Russia. // J. Limnology, 66 (1): 2007. – P. 40–53 (0,88/0,2).

10. Ксенофонтова М.И. Предварительные результаты лимнологических исследований озер Центральной Якутии // Материалы конференции научной молодежи: к 50-летию СО РАН. – Якутск, 2008. – С. 109–112 (0,25).

11. Ксенофонтова М.И. Оценка качества озерных вод окрестностей северных городов (на примере г. Вилюйск) // Урбоэко системы: проблемы и перспективы развития. Материалы IV международной конференции. – Тюменский издательский дом, 2009. – Вып. 4. – С. 26–28 (0,19) (март).

Подписано в печать 28.09.2009 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Бумага офсетная.  
Тираж 100 экз. Заказ 559

Типография РГПУ им. А. И. Герцена.  
191186. Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48