

УДК 556(571.56)

**ЛИМНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА КИЛЯНКИ
ЧУРАПЧИНСКОГО УЛУСА РС(Я)****Жирков И.И., Трофимова Т.П., Тастыгина С.К., Жирков К.И.***ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: yklimno@mail.ru*

В статье рассматривается современное лимноэкологическое состояние термокарстового провально-го озера Киянки с. Кытанах Чурапчинского улуса. Исследования проводились с целью получения новых лимнологических параметров для научно обоснованной оценки функционирования озёрной экосистемы в оптимальных для природы и хозяйства режимах. Используемые методические основания проведения научно-исследовательских работ. Лаборатории озероведения традиционно базируются на геоэкологических, геолого-геоморфологических и лимнологических методах и подходах к изучению озерных экосистем России и организации их мониторинга, разработанных и применяемых в специализированных академических институтах РФ, выполняющих научные исследования больших озёр и водохранилищ. Выявлено, что водный баланс исследуемого озера характерен для термокарстовых озёр Лено-Амгинского междуречья, когда питание озёр происходит за счет атмосферных осадков, а также за счет поступления вод СТС. Установлено, что площадь зеркала воды озера за 20 с лишним лет увеличилась почти в 2 раза при незначительной средней глубине озера (до 1 м). Проведены полевые и стационарные химические анализы воды, в ходе которых определены качественные и количественные показатели воды. Вода озера не насыщена металлами, фенолом, нефтепродуктами и АПАВ, но при этом загрязнена фульвокислотами. По качественному распределению ионного состава озера можно отнести к малосодовым озёрам, которые широко распространены на территории Лено-Амгинского междуречья. Донные отложения озера представлены маломощным сапропелем с запахом сероводорода. Выявлено, что по геохимическим и агрохимическим показателям озёрные отложения озера существенно не отличаются от озёрных отложений равнинной криолитозоны Центральной Якутии. Установлены весьма высокие показатели гумуса, что указывает на накопление органических веществ в водоеме.

Ключевые слова: озеро, генезис, уровень воды, площадь зеркала воды, объем и глубина воды, химический состав, донные отложения

**LIMNOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE LAKE KILYANKI
OF CHURAPCHINSKY SETTLEMENT OF YAKUTIA REGION****Zhirkov I.I., Trofimova T.P., Tastygina S.K., Zhirkov K.I.***North-Eastern Federal University of M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: yklimno@mail.ru*

In article the current limnoecological state of the thermokarst failure lake Kilyanki of the village of Kytanakh of the Churapchinsky ulus is considered. Researches were conducted for the purpose of obtaining new limnological parameters for scientifically based assessment of functioning of a lake ecosystem in the modes, optimum for the nature and economy. The used methodical bases of carrying out research works of Laboratory of an ozorovedeniye traditionally are based on the geoeological, geological and geomorphological and limnological methods and approaches to studying of lake ecosystems of Russia and the organization of their monitoring developed and applied at specialized academic institutes, which are carrying out scientific research of big lakes and reservoirs. It is revealed that the water balance of the explored lake is characteristic of thermokarst lakes of Leno-Amginsky Entre Rios when food of lakes occurs at the expense of an atmospheric precipitation and also due to intake of waters of STS. Modern morphometric indicators of the lake are defined. It is established that the area of a mirror of water of the lake in more than 20 years increased almost twice with an insignificant average depth of the lake (to 1 m). Field and stationary chemical water analyses during which quality and quantitative indices of water are defined are carried out. Water of the lake is not saturated with metals, phenol, oil products and APAV, but at the same time is polluted by fulvic acids. On high-quality distribution of ionic structure the lake can be carried to low-soda lakes which are widespread in the territory of Leno-Amginsky Entre Rios. Ground deposits of the lake are presented by low-power sapropel with a hydrogen sulfide smell. It is revealed that on geochemical and agrochemical indicators lake deposits of the lake significantly do not differ from lake deposits of a flat kriolitizona of the Central Yakutia. Very high rates of a humus are established that specifies on accumulation of organic matter in a reservoir.

Keywords: lake, genesis, water level, area of a mirror of water, volume and depth of water, chemical composition, ground deposits

Последнее десятилетие природа Центральной Якутии характеризуется многоводностью, приводящей к повышению уровня воды в водных объектах. В равнинной Центральной Якутии в сельских населенных пунктах жилые дома традиционно строились в малых и больших аласных понижениях, которые в настоящее время подвергаются подтоплению.

Цель статьи: оценка современных лимнологических показателей типичного равнинного термокарстового озера, расположенного в центре населенного пункта. Научно-техническая ориентация выполненных исследований заключалась в выявлении возможностей и разработке рекомендаций в целях стабилизации естественного функционирования

озёрной экосистемы в оптимальных для природы и хозяйства режимах. Озеро Килянки Кытанахского наслега Чурапчинского улуса расположено в пределах одноименной аласной котловины населенного пункта. По данным спутниковых снимков озера Килянки с 1999 по 2017 г. можно констатировать прогрессирующее увеличение площади зеркала воды, соответственно, и длины береговой линии во временных отрезках. По опросным данным известно, что даже в жаркие, засушливые годы 1980-х гг. озеро не усыхало полностью, что характерно для молодых термокарстовых развивающихся озёр в первой половине аласной стадии. Этот факт позволяет также предположить существование подозёрного талика. Во времена совхозов воду из озера Килянки выкачивали СНП в реку Южная Наммара. В 1980-х гг. озеро высыхало и промерзало до дна и в эти годы прибрежные осушки озера в аласе были застроены частными домами. В настоящее время воду из озера пытаются выкачивать мало-мощным бытовым электронасосом, но безрезультатно. Вода озера Килянки в настоящее время используется для круглогодичного сельскохозяйственного (водопоя крупного рогатого скота и лошадей) и технического водоснабжения.

Гидролого-морфометрические исследования

В гидрологическом, гидрографическом, ледово-термическом и гидрохимическом отношении оз. Килянки впервые исследовано в октябре 2017 г. лимнологической экспедицией лаборатории озероведения холодных регионов ИЕН СВФУ. Озеро расположено в средней части Чурапчинского улуса в пределах Лено-Амгинского плато Центрально-Якутской низменности на высоте 205 м над уровнем моря. Озеро Килянки является бессточным и расположено в верховьях бассейна реки Южная Наммара левого притока реки Татта.

Озеро Килянки имеет неправильную треугольную, слабо изрезанную форму, ориентированную длинной стороной с юго-востока на северо-запад. По ландшафтно-лимногенетической классификации озёр Якутии И.И. Жиркова [1] озеро относится к термокарстовым провальным озёрам, к подтипу реликтовых в стадии усыхания на легкосуглинистых древнеаллювиальных отложениях. По данным батиметрической съемки средняя глубина воды на озере составила 0,62 м, а объём воды –

46,314 тыс. м³ (табл. 1). Озеро Килянки является из инструментально обследованных озёрных водоёмов Центральной Якутии характерным водным балансом, с коэффициентом водообмена < 0,1 [2]. Питание таких озёр происходит за счет атмосферных осадков, поступления подземных вод СТС и циклического вытаявания повторно-жильных льдов.

Таблица 1
Морфометрические показатели озера Килянки

№ п/п	Морфометрические характеристики	Показатели
1	Площадь поверхности озера, км ² (га)	0,1 км ² (9,74 га)
2	Длина, км (м)	0,451 км (451 м)
3	Ширина макс., км (м)	0,315 км (315 м)
4	Ширина средняя, км	0,061
5	Глубина макс., м	1,75
6	Глубина средняя, м	1,0
7	Высота над уровнем моря, м БС	205
8	Прозрачность воды, м	До дна
9	Длина береговой линии по урезу воды, км	1,298
10	Объём воды, тыс. м ³	97,400

К озеру непосредственно подступает селитебная зона одноименного села Килянки, а непосредственно над урезом воды с севера и юга на берегу озера расположены жилые кварталы, на которые оказываются негативные процессы подтопления и заболачивания, особенно в период таяния снежного покрова, а также во время выпадения интенсивных атмосферных осадков в теплое время года. Прилегающая местность – возвышенная равнина, высотой над уровнем моря 220–240 м. Отдельные, удаленные от озера, повышения имеют абсолютную высоту 249 м. В понижениях местности находятся множество озер, берега которых в большинстве случаев заболочены. Берега озера низкие и пологие, высотой 0,1–0,5 м, поросли травянистой растительностью, в западной и восточной части – низкие и заболоченные, зарастает вдоль берегов, характерным является наличие вала, состоящего из торфа, покрытого растениями, образованного под действием сильных волнений. Зимой береговая отмель шириной 10–20 м промерзает до дна. Северные берега, прилегающие к озеру, более крутые, высотой до 0,8 м, сложены

глинистыми и суглинистыми грунтами, задернованы, устойчивые.

Подводный рельеф озера ровный, углублённые его части (с глубиной более 0,5 м) располагаются в центральной части акватории озера. Максимальная глубина более 0,75 м находится в центре озера, примерно в 160 м от берега. Мелководна вся прибрежная часть озера от берегов на расстоянии от 80 до 120 м (менее 0,5 м). Мелководья озера с глубинами ниже 0,5 м находятся преимущественно на окраинах озера вблизи от берега.

Режим уровня озёр данной территории определяется, прежде всего, весенне-летним подъемом уровня воды, который хорошо выражен на бессточном оз. Киянки. Подъем уровня начинается во второй декаде мая. Высота весеннего подъема уровня на большинстве озер региона составляет 0,2–0,6 м, а на оз. Киянки – до 0,1–0,2 м. Продолжительность стояния высоких уровней на озере составляет 5–10 дней. В летний период на озерах наблюдается падение уровня, обусловленное потерями воды на испарение. Подъемы воды в это время редки и обычно выражены значительно слабее весенних. На бессточном озере они имеют место в августе-сентябре. Исключением является 2009 г., когда подъем воды отмечался до ледостава. Низкие уровни в период открытой воды на озерах данного региона чаще приходится на сентябрь-октябрь. Зимой происходит плавное изменение уровня воды. К этому сезону в большинстве случаев приурочены и наинизшие уровни за год. Весной, с нарастанием средних суточных температур воздуха, начинается нагревание поверхности озер. В первые дни при наличии льда оно происходит сравнительно медленно, но после освобождения водоема от ледового покрова температура воды поднимается очень быстро.

Зондирование рельефа дна и донных отложений озера Киянки, проведенное Лабораторией озераведения СВФУ, показало, что по всей акватории озера донные отложения представлены маломощным (до 50 см) сапропелем темно-серого цвета с черными прослойками с однородной маслянистой консистенцией и с незначительным запахом сероводорода, с растительными остатками.

Анализ космических снимков за период с 1984 по 2017 г. показал, что площадь зеркала воды озера Киянки увеличилась от 0,05 (4,61 га) до 0,1 км² (9,74 га), т.е. примерно в 2 раза (табл. 2).

Таблица 2
Запасы воды снежного покрова и площади зеркала воды озера

Годы	Общие запасы воды снежного покрова, мм	Площади зеркала воды озера, км ² /га
2000	1343	0,04 / 3,61
2005	2343	0,02 / 2,26
2007	2308	0,06 / 5,57
2010	1039	0,06 / 6,41

Анализ водных запасов снежного покрова и изменений его высот по годам позволяет предположить существование и отражение в этих характеристиках 11-летнего цикла солнечной активности. С другой стороны, могут быть катастрофические обводнения и наводнения, связанные с антропогенными нарушениями покрывки повторно-жильных льдов, еще сохраняющихся в ненарушенных ландшафтах высоких уровней.

Гидрохимические исследования

Физико-органолептические свойства воды озера характеризуются как неблагоприятные. Так, отмечено превышение нормативов по мутности, цветности и запаху. Высокая цветность воды на уровне 3,0–4,5 ПДК указывает на накопление легкоокисляемых органических веществ и коррелируется высокой перманганатной окисляемостью. Водородный показатель щелочной по всей толще воды и с незначительным увеличением величины рН ко дну. *Газовый состав* озера в момент исследования также неблагоприятный. Зафиксировано обогащение толщ воды большим количеством углекислого газа, при насыщении растворенным кислородом всего на 25,61%. При этом не отмечено насыщение воды сероводородом. Вода озера не насыщена *биогеенными элементами* (ионами аммония, нитритов, нитратов, ортофосфатов и железа), их концентрации находятся в пределах нормативов. Более высокие концентрации 0,2–0,3 мг/л зафиксированы по железу (III). Не высокие показатели содержания биогенных элементов свидетельствуют о достаточно интенсивной биологической продуктивности водоема, утилизирующей поступающие из водосбора биогены.

Содержания растворённых *металлов* (Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb) незначительны и соответствуют нормативам. Также зафиксированы малые количества, ниже ПДК, загрязняющих веществ – нефтепродуктов, фенолов, АПАВ и бенз(а)пирена (табл. 3).

По ионному составу вода озера гидрокарбонатно-натриевая. Концентрации всех макрокомпонентов (анионов и катионов) соответствуют нормативам. При этом высокие концентрации отмечены для гидрокарбонатных ионов (до 1200 мг/л), которые не имеют нормативных показателей. В озере отмечены высокие показатели общей жесткости в количестве 15,4 ммоль/л равномерно по всему вертикалу от поверхности ко дну, что определяет воду как «очень жесткую», имеет магниевый характер. Такая картина характерна для термокарстовых озёр данного региона и подтверждается исследованиями М.И. Ксенофоновой [3, с. 138].

В исследуемом озере отмечены высокие величины перманганатной окисляемости, превышающие ПДК в 2,4 раза при нормативе 5,0 мгО/л. Можно предположить, что органические вещества имеют автохтонное происхождение и образуются в результате биохимического разложения фито-, зоопланктонных организмов, а также макрозообентоса в условиях дефицита кислорода. Это подтверждается расчётами индексов сапробного загрязнения (3,095 и 0,83) и классифицируется как «природное органическое вещество».

Общая минерализация воды озера не имеет четкой вертикальной стратификации и колеблется в пределах 2097–2117 мг/л, что превышает норматив в 2 раза. Высокие

показатели минерализации определяются величинами гидрокарбонатных ионов, источниками поступления которых в озеро являются слагающие породы водосбора.

Таким образом, вода озера Килянки (Эбя) не насыщена металлами, но при этом загрязнена легкоокисляемыми органическими веществами. По качественному распределению ионного состава озеро можно отнести к малосодовым озёрам, которые широко распространены на территории Лено-Амгинского междуречья [4].

Геохимические исследования

Донные осадки исследованного озера представлены сапропелевыми маслянистыми отложениями темно-серого цвета, с растительными и органическими остатками и с запахом сероводорода. Мощность донных отложений небольшая и колеблется в пределах 0,3–0,5 м по всей акватории озера.

Сравнение результатов солевой вытяжки донной пробы с фоновыми данными аласных палевых осолоделых почв [5] показало многократное превышение по всем рассмотренным показателям (табл. 4). Причиной более высокого, по сравнению с почвами, содержания их в донных отложениях могут являться протекающие в озёрах процессы, например сорбция на частицах донных отложений, биоаккумуляция и образование малорастворимых соединений.

Таблица 3

Концентрация загрязняющих веществ и металлов в водной толще

Ингредиенты	Норматив	Станция
Нефтепродукты, суммарно, мг/л	0,1	< 0,025
Поверхностно-активные вещества, анионные (АПАВ), мг/л	–	< 0,054
Фенолы	0,001	< 0,001
Бенз(а)пирен, мг/л	< 0,000001	0,0000005
Хром (Cr ⁶⁺), мг/л	< 0,05	0,009
Марганец (Mn), мг/л	< 0,1	0,045
Медь (Cu), мг/л	< 1,0	0,0043
Цинк (Zn), мг/л	< 1,0	0,13
Кадмий (Cd), мг/л	0,001	< 0,0001
Свинец (Pb), мг/л	0,01	0,001

Таблица 4

Солевой состав водной вытяжки из пробы донных отложений

рН	Гумус	Катионы				Анионы			
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
	%	ммоль/100 г			мг/кг	ммоль/100 г			мг/кг
9,1	8,62	17,65	8,4	12,8	18,06	17,55	13,1	8,2	22,0
Естественный фон содержания химических элементов для палевых осолоделых почв [5, с. 109]									
8,48	0,70	0,63	0,47	0,54	–	0,9	0,48	0,63	–

Для оценки экологического состояния оз. Килиянки (Эбя) определены также содержания в донных отложениях кадмия, свинца, цинка, марганца и меди. Исследования показали разноуровневые концентрации металлов в донных отложениях озера. Выявлено, что в донных отложениях концентрации изученных металлов не превышают ПДК и находятся в многократно более низких концентрациях.

В целом геохимические определения донных отложений озера позволяют сделать следующие выводы: донные осадки озера представлены органо-минеральным сапропелем малой мощности; водородный показатель (рН) водной вытяжки смещен в щелочную сторону (сильнощелочная среда). Анализ солевого состава водных вытяжек пробы показал их многократные повышенные значения изученных солей по сравнению с фоновыми содержаниями палевых осолоделых почв Лено-Амгинского междуречья. Определения содержания микроэлементов в пробе донных отложений и их сопоставления с ПДК согласно ГН 2.1.7.2041-06 [6] показали их практическое соответствие по изученным металлам. Величина гумуса донных проб намного превышает фоновые естественные значения гумуса палевых почв Лено-Амгинского междуречья, т.е. донные отложения больше насыщены органическими кислотами. Установлено, что ведущие значения в накоплении химических элементов в донных отложениях имеют физико-химические барьеры щелочного класса.

Заключение

Проведенные рекогносцировочные и лимносъёмочные обследования оз. Килиянки Чурапчинского улуса позволяют выдвинуть для мониторинга озёр выводы и рекомендации:

1. Озеро по ландшафтно-лимногенетической классификации И.И. Жиркова относится к термокарстовым провальным, реликтовым в стадии усыхания озёрам, на легкосуглинистых древнеаллювиальных отложениях.

2. Вода озера гидрокарбонатно-натриевая с пресной минерализацией, которую можно отнести к малосодовым, не насыщена металлами, но при этом загрязнена органическими веществами автохтонного происхождения.

3. Донные осадки озера представлены органо-минеральным сапропелем малой мощности, имеют сильнощелочную среду, обогащены органическими веществами и не загрязнены тяжелыми металлами.

Для снижения уровня воды и площади зеркала воды оз. Килиянки разработаны научно-технические рекомендации, содержащие следующие мероприятия:

– для снижения уровня воды в озере необходимо использовать передвижную насосную станцию СНП-50/80 с двигателем ЯМЗ-236 Г мощностью 150 л/с с трубопроводной арматурой и быстроразборными алюминиевыми трубами длиной 6 м. Длина рекомендуемого трубопровода до вершины распадка составляет 156 м, перепад высоты составляет 7 м;

– от речки Южная Наммара в сторону южной оконечности озера до вершины распадка по старому стоку необходимо прорыть канал длиной 477 м, шириной 3 м и с глубиной 2,5 м;

– в период высокого уровня воды – весной (в начале мая) объем воды озера составляет 91 900 м³ и снижается до 74 700 м³ в осеннее время. Расчет объемов воды озера показал, что необходимо откачивать воду в мае при угрожающих уровнях в размере 17–18 тыс. м³. При этом уровень речки Южная Наммара ниже уровня зеркала воды оз. Килиянки на 1,2 м;

– для повышения высоты берега по береговой линии озера необходимо построить дамбу-плотину с высотой 1,5 м. Объем грунтовой отсыпки примерно составляет 17–18 тыс. м³.

Список литературы / References

1. Жирков И.И. Схема лимногенетической классификации озёр Северо-Востока России // Учёные записки РГТМУ. 2014. № 34. С. 18–26.
2. Zhirkov I.I. Scheme of limnogenetical classification of lakes of the North-Eastern in Russia // Scientific notes of the RSGMU. 2014. № 34. P. 18–26 (in Russian).
3. Догановский А.М., Балащенко М.И. Водный баланс и внешний водообмен озёр Якутии // Ученые записки РГТМУ. 2015. № 40. С. 15–29.
4. Doganovsky A.M., Balatsenko M.I. Water balance and external water exchange of the lakes of Yakutia // Scientific notes of the RSGMU. 2015. № 40. P. 15–29 (in Russian).
5. Ксенофонтова М.И. Формирование химического состава вод термокарстовых вод Центральной Якутии под влиянием естественных и антропогенных факторов // Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. С. 137–138.
6. Ksenofontova M.I. Formation of the chemical composition of waters of thermokarst waters of the Central Yakutia under the influence of natural and anthropogenic factors // Biodiversity: global and regional processes. Ulan-Ude: Izd-vo BNS SO RAS, 2013. P. 137–138 (in Russian).
7. Трофимова Т.П. Гидрохимическое разнообразие озёр Лено-Амгинского междуречья // Эколого-географические проблемы регионов России: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Самара: ПГСГА, 2011. С. 60–64.
8. Trofimova T.P. Hydrochemical variety of lakes of Leno-Amginsky region // Ecology-geographical problems of regions of Russia: materials II of the Russian scientific and practical conference. Samara: PGSGA, 2011. P. 60–64 (in Russian).
9. Десяткин Р.В. Почвообразование в термокарстовых котловинах-аласах криолитозоны. Новосибирск: Наука, 2008. 324 с.
10. Desyatkin R.V. Soil formation in thermokarst hollows-alasakh of a kriolitozona. Novosibirsk: Science, 2008. 324 p. (in Russian).
11. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.: Стандартинформ, 2006. 12 с.