

— ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТА —

УДК 504.455:502

*Т.П. Трофимова*¹, *И.И. Жирков*², *К.И. Жирков*³, *И.Г. Собакина*⁴, *К.П. Иванов*⁵

СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕР БАССЕЙНА РЕКИ ЯНЫ

Аннотация. Рассматривается современное состояние озер бассейна р. Яна. Исследованные озера имеют эрозионно-термокарстовое и ледниково-флювиогляциальное происхождение, характеризуется своими разнообразными морфометрическими показателями. Установлено, что котловины всех исследованных озер формировались в сходных условиях, о чем свидетельствует незначительный коэффициент корреляции между площадью озера и объемом воды ($r = 0,79$).

Определены качественные и количественные показатели воды, включающие величину pH, газовый и покомпонентный состав, общие показатели воды, тяжелые металлы и органические загрязнители. Выявлено, что вода исследованных озер не загрязнена ионами тяжелых металлов и органическими загрязнителями, бедна биогенными элементами. Для исследованных озер янского бассейна характерны низкая минерализация воды и гидрокарбонатно-натриевый солевой состав воды.

Фауна зоопланктонных организмов представлена в основном широко распространенными видами в палеарктике и голарктике. Зоопланктон исследованных озер р. Яна состоял из 22 видов, принадлежащих 3 систематическим группам. Видовое разнообразие, численность определяли коловратки, биомассу низшие раки. Последние были представлены мелкими хидоридами, босминой, олиготрофными мелкими дафниями.

¹ ТРОФИМОВА Тамара Петровна – заведующий ЛОЗ ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: tamara-tro67@mail.ru

TROFIMOVA Tamara Petrovna – head of the laboratory, laboratory of limnology, Institute of natural sciences, M.K. Ammosov North – Eastern Federal University.

E-mail: tamara-tro67@mail.ru

² ЖИРКОВ Иннокентий Иннокентьевич – к.г.н., доцент, ведущий научный сотрудник ЛОЗ ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: yktlimno@mail.ru

ZHIRKOV Innokenti Innokentyevich – Candidate of Geographical Sciences, leading researcher, laboratory of limnology, Institute of natural sciences, M.K. Ammosov North – Eastern Federal University.

E-mail: yktlimno@mail.ru

³ ЖИРКОВ Константин Иннокентьевич – ведущий инженер ЛОЗ ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: yktlimno@mail.ru

ZHIRKOV Konstantin Innokentyevich – leading engineer, laboratory of limnology, Institute of natural sciences, M.K. Ammosov North – Eastern Federal University.

E-mail: yktlimno@mail.ru

⁴ СОБАКИНА Ирина Григорьевна – инженер-исследователь Лаборатории прикладной зоологии НИИПЭС СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: alonella@yandex.ru

SOBAKINA Irina Grigoryevna – research engineer, laboratory of applied zoology, Research institute of applied ecology of the North, M.K. Ammosov North – Eastern Federal University.

E-mail: alonella@yandex.ru

⁵ ИВАНОВ Константин Петрович – к.б.н., доцент ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: yktlimno@mail.ru

IVANOV Konstantin Petrovich – Candidate of Biological Sciences, associate professor of Institute of natural sciences, M.K. Ammosov North - Eastern Federal University.

E-mail: yktlimno@mail.ru

ми. Рассчитаны биомассы преобладающих форм планктона, на которую в основном влияли относительно крупные, хищные голарктические ветвистоусые ракообразные и молодь копепоид.

Донные отложения янских озёр представлены в основном плотными илами серого, темно-серого, темно-оливкового и оливкового цвета малой мощности. Выявлено, что по геохимическим и агрохимическим показателям озёрные отложения озера существенно отличаются отложений равнинной криолитозоны Центральной Якутии. Установлены весьма высокие соотношения углерода к азоту, что косвенно свидетельствует о замедленности процессов минерализации органических веществ в глубоких холодноводных озёрах.

Ключевые слова: река Яна, озеро, морфометрия, генезис, гидрохимия, качество воды, зоопланктон, биомасса, донный осадок, агрохимия, озёрные ресурсы.

T.P. Trofimova¹, I.I. Zhirkov², K.I. Zhirkov³, I.G. Sobakina⁴, K.P. Ivanov⁵
 M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Current state of lakes of a river basin of Yana

Abstract. The current state of lakes of the basin of the Yana River is considered. The explored lakes have erosive and thermokarst and glacial флювиогляциальное origin, is characterized by the various morphometric indicators. It is established that hollows of all explored lakes were formed in similar conditions what the insignificant coefficient of correlation between the area of the lake and volume of water testifies to ($r = 0,79$).

The quality and quantitative indices of water including size pH, gas and pokomponentny structure, the general indicators of water, heavy metals and organic pollutants are defined. It is revealed that water of the explored lakes isn't polluted by ions of heavy metals and organic pollutants, I am poor in biogenous elements. The low mineralization of water and gidrokarbonatno-sodium salt composition of water are characteristic of the explored lakes of the yansky pool.

The fauna of zooplankton is presented by generally widespread types in a palearktika and a golarktika. Zooplankton of the explored lakes of the Yana River consisted of 22 types belonging to 3 systematic groups. A specific variety, number defined kolovratka, biomass the lowest crayfish. The last have been presented by small hidorida, bosminy, oligotrofny small water fleas. Biomass of the prevailing forms of plankton which rather large, predatory golarктический ветвистоусый Crustacea and juveniles a copepod generally influenced are calculated.

Ground deposits the yanskikh of lakes are presented by generally dense IIs of gray, dark gray, dark olive and olive color of low power. It is revealed that on geochemical and agrochemical indicators lake deposits of the lake significantly differ lake deposits of a flat kriolitozona of the Central Yakutia. Very high ratios of carbon to nitrogen are established that indirectly demonstrates slowness of processes of a mineralization of organic substances in deep cold water lakes.

Keywords: Yana River, lake, morphometry, genesis, hydrochemistry, quality of water, zooplankton, biomass, ground deposit, agrochemistry, lake resources.

Введение

Озёр площадью более 1 га по данным гидрометеорологов только в пределах Якутии насчитывается 723 тысячи. Львиная доля из них и наиболее крупные находятся на приморских равнинах Северного Ледовитого океана. Из-за отдалённости и недоступности приморских озёр они остаются совершенно неисследованными. История показывает, что все долгие и опасные исследования побережья Северного Ледовитого океана всегда требовали и требуют крупных капиталовложений и человеческих усилий. Исследование поморских и дельтовых озёр Арктики и Субарктики имеют важное народно-хозяйственное значение, так как они служат естественными нерестовыми, выростными и нагульными водоёмами для местных северных высокоценных видов рыб.

Озёра дельты р. Яна в настоящее время остаются недостаточно, мало изученными объектами исследования в связи их труднодоступностью. Основной целью работ было получение полевых экспедиционных данных по современному состоянию озёр бассейна р. Яна.

Полученные нами материалы в основном будут ориентированы на ведение в дальнейшем мониторинга за изменениями озёрных комплексов приморских и дельтовых ландшафтов. Весьма остро вырисовывается на сегодня необходимость установления и фиксации современного лимноэкологического состояния озёр и озёрных водосборов дельтовых образований и приморских равнин Северо-Восточных окраин России, что позволит создать фоновые лимноэкологические характеристики озёрных лимносистем, озёрных водосборов и озёрных ландшафтов.

Материал и методы анализа

Из 10 исследованных озёр Усть-Янского улуса только 3 озера имеют название, зафиксированное в топографических картах масштаба 1:100000, поэтому исследователи вынуждены были пронумеровать озера по их последовательности изучения. Исследованные озёра расположены в террасовой равнине р. Яна, в бассейнах проток р. Яна – рр. Хара Улах, Самандон и Илин-Шар. С помощью GPS навигаторов были определены координаты исследуемых объектов (табл. 1).

Таблица 1

Географические координаты исследованных озёр

Название объектов	Географические координаты	Название объектов	Географические координаты
Афоня	N 70°49'57.46" E 136°51'55.38"	Озеро № 6	N 71°08'29.36" E 135°33'41.31"
Китиктях	N 70°44'40.04" E 137°21'19.87"	Быранатталах	N 71°07'40.28" E 135°37'16.32"
Озеро № 3	N 70°48'58.90" E 136°48'16.25"	Озеро № 8	N 71°08'05.51" E 135°34'55.82"
Озеро № 4	N 70°43'37.77" E 136°11'32.53"	Озеро № 9	N 71°11'31.47" E 135°25'15.87"
Озеро № 5	N 71°08'23.25" E 135°34'25.31"	Озеро № 10	N 71°11'01.30" E 135°25'13.02"

Лимнологические работы по определению **морфометрических характеристик** озера выполнялись в соответствии с методическими разработками Института озероведения РАН, Лимнологического Института СО РАН, Лаборатории озероведения БелГУ. Выполнены зондировочные, промерные и батиметрические исследования с использованием методики эхолотирования. Заложение профилей, зондировочных пикетов, места и горизонты отбора проб определялись в соответствии с рекомендациями «Наставления гидрологическим станциям и постам».

Материалом для **гидрохимических исследований** являются пробы вод (поверхностная, средняя и придонная), отобранные в створе озера. Гидрохимические исследования включали определение органолептических показателей, растворенных газов, биогенных элементов, органического вещества и главных ионов, загрязняющие вещества (фенолы, АПАВ, нефтепродукты) и металлы. Непосредственно на месте отбора проб проводились определение физических свойств по ГОСТу 34979-81 [1] и газовый состав вод. В стационарных лабораторных условиях состав озерных вод изучался химико-аналитическими методами анализа (потенциометрия, атомная абсорбция, флуориметрия, спектрофотометрия) по соответствующим гостированным методикам [2, 3]. Анализы основных компонентов проводились с помощью «Лаборатории контроля воды» на основе спектрометра «Lamba» (Perkin-Elmer), капиллярного электрофореза «Капель 103 и 104».

Материалом для определения **зоопланктонного состава** послужили 18 проб, отобранные с поверхностных и придонных проб, процеживанием 50 л воды через сеть Апштейна (газ № 64-77) с последующей фиксацией 4 % формалином.

Камеральную обработку проводили счетно-весовым методом в камере Богорова с выделением для массовых видов размерно-возрастных групп. Расчет численности и биомассы организмов зоопланктона производился на 1 м³ воды. Биомасса рассчитывалась путем перевода численности на индивидуальный вес организмов, исходя из зависимости между длиной

и массой тела. Для идентификации видов были использованы отечественные и зарубежные определители. В работе использованы широко применяемые в гидробиологии характеристики зоопланктона: число видов, численность, биомасса, соотношение таксономических групп и др.

Материалом для агрохимических исследований послужили образцы поверхностных отложений. Самый верхний неконсолидированный слой донных отложений был отобран применением автоматического коробчатого дночерпателя.

Исследование донных отложений озера проводилось по методическим указаниям, разработанным Министерством геологии РСФСР [4]. Агрохимический анализ и анализ на микроэлементный состав донных отложений выполнены в соответствии нормативных документов.

Результаты исследования

Морфогенетические исследования озёр. Водоёмы, расположенные на Северной части Якутии по величине и морфологии котловин, по прозрачности, по происхождению достаточно сильно отличаются от озёр расположенных в Центральной части Якутии. Кроме того, для большинства арктических озёр характерно наличие поверхностного стока. Исследованные 10 озёр расположены в террасовой равнине р. Яна, высота над уровнем моря низкая, всего 1-5 м по балтийской системе.

Согласно по разработанной ландшафтно-лимногенетической классификации И.И. Жиркова [5], изученные 9 озёр относятся эрозионно-термокарстовому типу различной стадии развития – «уолба» или «изйэ», и только оз. Китиктях – ледниково-флювиогляциальному типу. Морфометрические показатели исследованных озёр отражены в табл. 2. Коэффициент корреляции между площадью и объемом озёр имеет достаточно тесную взаимосвязь ($r=0,79$), это говорит о том, что котловины всех исследованных озёр формировались в сходных условиях.

Таблица 2

Морфометрические показатели исследованных озёр

Озеро	Длина, км	Ширина макс., км	Ширина сред., км	Средняя глубина, м	Макс. глубина, м	Площадь зеркала воды, км ²	Объем воды, тыс. м ³
Афоня	0,646	0,448	0,510	1,76	5,1	0,33	580,8
Китиктях	4,78	3,222	2,073	3,06	13,0	9,91	30324,6
Озеро № 3	0,581	0,343	0,295	1,32	2,2	0,1714	94,248
Озеро № 4	0,724	0,243	0,170	2,26	3,9	0,1233	278,658
Озеро № 5	0,494	0,185	0,72	1,6	3,1	0,85	512,0
Озеро № 6	0,507	0,235	0,183	1,94	3,3	0,0929	180,226
Быранатгалах	3,301	1,997	0,866	1,42	4,2	2,86	4061,2
Озеро № 8	0,375	0,98	0,077	0,75	2,1	0,029	21,75
Озеро № 9	0,768	0,601	0,388	3,12	6,1	0,2981	930,072
Озеро № 10	1,857	0,298	0,154	1,01	2,3	0,2867	289,567

Гидрохимические исследования. На формирование состава вод влияет широкий круг различных факторов. Ведущими из них являются природно-климатический, гидрологический, морфоэдафический и антропогенный факторы.

Исследованные озера можно отнести к типу холодноводных димиктических озёр резкоконтинентального климата. Прозрачность воды при этом характеризуется высоким показателем (до 4 м), что подтверждается минимальным количеством взвешенных веществ. Наличие постоянных ветровых явлений, видимо, способствуют достаточно равномерной вертикальной стратификации по водной массе общих показателей воды (табл. 3).

Таблица 3

Общие показатели воды исследованных озёр

Озеро	pH	Общая жесткость, ммоль/л	Общая щелочность, ммоль/л	БПК ₅ , мгО ₂ /л	Окисляемость (KMnO ₄), мгО/л	Общая минерализация, мг/дм ³
Афоня	8,7-7,8	0,68-0,67	0,68-0,67	2,3-1,64	1,07-1,09	76,1-96,2
Китиктях	6,6-7,3	0,7-0,72	0,7-0,72	1,12-4,5	0,99-0,96	76,0-78,5
Озеро № 3	7,8-8,0	1,08-1,02	0,82-1,0	0,32-2,1	1,22-1,08	130,3-141,7
Озеро № 4	6,7-6,5	0,28-0,3	0,24-0,24	0,42-2,6	0,84-0,86	137,2-143,9
Озеро № 5	7,7-7,5	1,0-0,91	1,58-1,44	1,75-0,3	0,77-0,68	258,6-248
Озеро № 6	7,5-7,0	0,7-0,56	1,02-1,56	2,17-3,3	0,55-0,39	208,8-242,0
Быранатгалах	7,5-7,0	0,66-0,56	1,24-1,22	0,05-0,2	1,33-1,34	212,2-221,6
Озеро № 8	7,9-8,2	1,16-1,12	1,52-1,62	1,7-0,26	1,11-1,09	258,6-281
Озеро № 9	7,0-7,2	0,64-0,64	1,02-0,92	0,7-0,76	1,13-1,12	207,2-204
Озеро № 10	7,2-7,0	0,64-0,66	0,9-0,9	1,54-2,4	0,97-0,98	190,2-198,8

Жесткость воды исследованных озер можно классифицировать как «очень мягкая» кальциевого характера, величина их колеблется от 0,6 до 1 ммоль/л без четкой стратификации по вертикали от поверхности ко дну.

Исследование по содержанию органических веществ позволяет говорить, что вода исследованных озёр не загрязнена органическими веществами. Можно предположить, что органические вещества преимущественно автохтонного происхождения, что подтверждаются расчётами индексов Б.А. Скопинцева и классифицируются как «природное органическое вещество». Рассчитанные индексы (до 20 %) указывают на низкое содержание гуминовых веществ.

Зафиксированные концентрации тяжелых металлов и специфических органических загрязнителей со срединных проб воды озера даны в таблице 4. Их концентрации незначительны и находятся в пределах нормативов для рыбохозяйственных водоёмов.

Таблица 4

Показатели некоторых металлов и загрязняющих веществ исследованных озёр (мг/л)

Озеро	Цинк	Свинец	Медь	Марганец	АПAB	Фенолы	Нефтепродукты
Афоня	0,019	<0,001	<0,001	0,004	<0,025	<0,0005	0,013
Китиктях	0,013	<0,001	<0,001	<0,001	<0,025	<0,0005	0,045
Озеро № 3	0,006	<0,001	<0,001	0,002	<0,025	<0,0005	0,005
Озеро № 4	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,025	<0,0005	0,009
Озеро № 5	0,056	<0,001	<0,001	0,0014	<0,025	<0,0005	0,059
Озеро № 6	0,011	<0,001	<0,001	0,007	<0,025	0,022	0,024
Быранатгалах	0,008	<0,001	<0,001	0,002	<0,025	<0,0005	<0,005
Озеро № 8	0,004	<0,001	<0,001	0,003	<0,025	<0,0005	0,009
Озеро № 9	0,007	<0,001	<0,001	0,011	<0,025	<0,0005	<0,005
Озеро № 10	0,047	<0,001	<0,001	0,003	<0,025	<0,0005	0,007

В данной работе с целью определения современного экологического состояния исследованных озёр проведена комплексная оценка качества воды по ИЗВ. ИЗВ рассчитывался с учетом 6 наиболее характерных для поверхностных вод показателей воды по [6]. Расчеты показали, что исследованные озёра относятся к «очень чистым» и «чистым». Индекс загрязненности воды исследованных озёр колеблется от 0,17 до 0,49, из них 2 озера относятся к I классу качества и 8 озёр имеют II класс качества.

Проведенные гидрохимические исследования озёр бассейна Яны позволяют сделать следующие выводы: по общей минерализации вода озёр относится к пресным водам с «очень мягкой» или «мягкой» жесткостью, бедна биогенными и минеральными веществами, ненасыщена органическими веществами, ионами тяжелых металлов, обладает благоприятным газовым режимом, высокой прозрачностью и имеет низкий уровень загрязняющих веществ. По комплексной оценке качества воды, исследованные озера имеют I и II классы качества. Гидрохимическая характеристика исследованных озёр более подробно описана Т.П. Трофимовой [7].

Гидробиологические исследования. Для оценки состояния водной экосистемы необходимо знать не только его гидрохимические параметры, но и параметры ее биотической части. Зоопланктон играет основную роль пищевой цепочки ихтиофауны. Развитие зоопланктона определяет биологическую продуктивность и качество рыбного населения озерных водоемов.

По материалам современных исследований в изученных озерах было обнаружено 22 вида, принадлежащих всего к 3 систематическим группам. Видовое разнообразие (68 %), численность (61-93 %) и биомассу (кроме оз. № 3) определяли коловратки, субдоминантами были веслоногие низшие раки. Последние представлены мелкими хидоридами *Chydorus sphaericus*, *Acroperus harpae* и босминой *Bosmina (B) longirostris*, их роль в создании численности биомассы осеннего планктона водоемов незначительна. Из веслоногих найдено 4 вида, из них главными компонентами зоопланктона исследованных озёр являются молодь в науплиальной и копеподитной стадий развития. Максимальное видовое разнообразие зафиксировано в озере № 3. Количественные показатели исследованных озёр (табл. 5) указывают на бедность кормности для рыб.

Таблица 5

Количественная характеристика зоопланктона

Озеро	Количество видов	Численность, экз./м ³	Биомасса, мг/м ³
Афоня	12	12120	51,84
Китиктях	11	44130	247,41
Озеро № 3	5	14150	182
Озеро № 4	4	6090	72
Озеро № 5	8	740	274,47
Озеро № 6	5	12030	17,82
Озеро № 7	12	29250	181,5
Озеро № 8	12	4180	811,147
Озеро № 9	6	310	40,56

Таким образом, можно констатировать, что систематический состав организмов зоопланктона озёр низовья р. Яны оказался беднее низовья других северных рек Якутии – Анабара, Лены, Колымы [8, 9, 10].

Донные отложения. Донные отложения исследованных озёр представлены в основном плотными илами серого, темно-серого, темно-оливкового, оливкового цвета. Только донные осадки озера возле с. Казачье представлены сапропелем оливкового цвета. В составе донных отложений озёр преобладает пластический материал, образующийся вследствие аккумуляции вовлекаемых речными паводковыми водами осадков, а также обрушения берегов, переотложения и сортировки их волновыми процессами. Отсюда более высокие показатели зольности, до 93,1 %, и низкие показатели естественной влажности, до 25 % (озеро под № 9), по сравнению с показателями озерных отложений вилуйских улусов, где влажность доходит до 80-96 %. Низкие показатели влажности отложений арктических озёр указывают на ненасыщенность толщ воды органическими веществами, что хорошо коррелируется с показателями окисляемости воды. Высокие показатели зольности характерны для проб, отобранных из материнских песчано-глинистых и кольматированных песчаных отложений, подстилающих озёрные осадки.

Холодная вода озёр, богатая растворенным кислородом, видимо, создает и поддерживает окислительную среду озерных осадков. Показатели рН (солевого) колеблются в пределах

4,8-5,7 (кроме озера № 8), а в озерных отложениях виллойских улусов – в пределах 7,0-8,0 и выше. Кроме того, кислая среда дельтовых озёр, возможно, связано с наличием свободной двуокиси углерода в водной массе, что обуславливает сдвиг карбонатной системы водоема и окислительно-восстановительного равновесия в целом. Вероятно, это также связано с тем, что толща воды обогащена растворенным кислородом, который поступает с водами, отжимаемыми в озеро гидростатическими системами, возникающими при промерзании таликов на водосборах.

Озерные отложения, в первую очередь сапропелевые, относятся к органическим осадкам с высоким содержанием азота. Содержания общего азота в исследованных озёрах бассейна р. Яна колеблются от 0,12 до 0,88 %, азота аммонийного – от 0,04 до 0,19 % на АСВ. Низкие показатели азота возможно, объясняются обилием растворенного кислорода и возможностью окисления азота до нитратной формы в озерах с дальнейшим его участием в биологических процессах. Некоторое (в единичных случаях на порядок) снижение этого показателя объясняется тем, что из-за низких температур воды процессы продуцирования и деструкции органических веществ ослаблены.

В донных отложениях янских озер содержание P_2O_5 общего колеблется в пределах 0,07-0,23, в виллойских озерах – 0,09-0,5 (в среднем 0,27) % на АСВ, что намного ниже для первых по сравнению с органическими удобрениями. Так, например компост содержит P_2O_5 – 0,2-0,4, навоз – 0,24, торф – 0,1-0,4 % на АСВ [11].

В содержании подвижной формы P_2O_5 в озерах бассейнов рек Вилюй и Яны также зафиксировано существенное различие. Сравнение предельных содержаний показывает более высокие содержания подвижного фосфора в виллойских озерах (0,02-0,07 и 0,04-0,12 соответственно). Низкие показатели фосфора (общего и подвижного) очевидно связаны с низкой продуктивностью биомассы в целом, что связано с низкими температурами воды по сравнению с озерами Центральной Якутии и Вилюйской группы озёр.

Одним из основных показателей качества органических осадков и удобрений считается содержание K_2O , который как один из активных и подвижных элементов принимает участие во всех продукционных и деструктивных процессах, переходит из донных отложений в водный раствор, в тела макрофитов и нектонных организмов. Если в озерных осадках Белоруссии (в составе золы) содержание K_2O колеблется от 0,13 до 2,49 % [12, С. 204], то в осадках исследованных наших озер K_2O общий на АСВ содержится в значительно меньших концентрациях, в среднем 1,14 % (0,55-1,73). В озерах бассейна нижнего Вилюя, обследованных в разгаре гидрологического лета, содержание K_2O общего было еще ниже – 0,33 % на АСВ в среднем, что обусловлено тем, что в летнее время продуцирование органического вещества с использованием K_2O идет весьма интенсивно. Об этом свидетельствуют данные по содержанию K_2O подвижного, который и используется в биологических процессах. Если в виллойских озерах летом его содержание в среднем составляло всего 0,022 %, то в янских озерах в начале – середине августа, несмотря на низкий уровень биологических процессов, было 0,003–0,014 % на АСВ.

Важная физиологическая роль в жизни как растений, так и животных, отведена кальцию. Содержание кальция (в форме СаО) в озерных отложениях Центральной Якутии колеблется в значительных пределах. В озерах р. Яна такие расхождения не обнаружены (0,09-3,38 % на АСВ). Относительная однородность островных пород, условий среды и весенние паводочные разливы, возможно, нивелируют содержание основных ионов в воде.

Содержание хлора в озёрных отложениях минимально и колеблется в пределах 0,04-0,11 % на АСВ. Это хорошо коррелируется с концентрацией хлоридных ионов водной массы.

Органическое вещество колеблется от 3,44 до 6,09 %, Это видимо, связано с низкими показателями седиментационных процессов озёр бассейна р. Яна и со слабой интенсивностью биологических процессов.

Величина отношений C:N (19,2-40,8) в пробах донных отложений озёр свидетельствует об средней обогащённости отложений гумусовыми веществами, причём преимущественно гуматными. Можно предположить, что в иловых отложениях озер, также как и в болотных илах, гуминовая группа веществ преобладает над фульватной [13]. Это, возможно, объясняется тем, что органическое вещество здесь находится в холодных водах и минерализация существенно замедлена. Можно предположить и наличие большей доли нерастворимых органических веществ.

Таким образом, донные осадки озёр дельт существенно отличаются от озёрных отложений равнинной криолитозоны: они маломощны, в них намного меньше содержание органических веществ, имеют кислую среду, низкую влажность, высокую зольность. Кроме того, в отличие от озёр Центральной Якутии, в данных озерах преобладают отложения зоогенового происхождения. Установлены также весьма высокие соотношения углерода к азоту, что косвенно свидетельствует о замедленности процессов минерализации органических веществ в глубоких холодноводных озёрах. Отличительной особенностью озёр арктических улусов является их низкая скорость осадконакопления по сравнению с озерами Центральной Якутии. Мощность отложений максимально может достигать 0,6 м, в основном колеблется в пределах 0,3-0,5 м.

Заключение

Исследования озёр бассейна р. Яны носили рекогносцировочный характер. В результате исследований озёр авторы пришли к следующим выводам:

- по морфогенетической классификации И.И. Жиркова озёрные котловины в основном эрозионно-термокарстового происхождения;
- из исследованных дельты р. Яна наибольшую максимальную глубину имеет оз. Китиктях (13 м), а самой мелководной является озеро под номером восемь (2,1 м). Самой большой протяженной береговой линией обладает озеро Быранатталаах (14,3 км), а наименьшей – озеро № 6 (1,2 км). Самым многоводным является озеро Китиктях (30,3 млн км³), а маловодным озеро № 8 (0,021 млн км³). Озеро Китиктях имеет самую наибольшую площадь зеркала воды (9,91 км²), наименьшую – озеро № 4 (0,12 км²). Длина озера Китиктях составляет 4,78 км, что является самой длинной из всех озёр;
- вода озёр по классификации О.А. Алекина [14] относится к гидрокарбонатному классу натриевой группы II типа. Вода озёр пресная, мягкая, низкоминерализована, органолептические показатели и химический состав воды не превышают ПДК, не загрязнена органическими и тяжёлыми металлами. По комплексной оценке исследуемые озёра имеют II и III классы качества (ИЗВ колеблется в пределах 0,17 – 0,49), т.е. «очень чистые» и «чистые»;
- зоопланктон озёр представлен 22 видами, принадлежащим к 3 систематическим группам. Видовое разнообразие (68 %), численность (61-93 %) и биомассу (кроме оз. № 3) определяли коловратки, субдоминантами были веслоногие низшие раки;
- донные осадки характеризуются меньшим содержанием органических веществ, кислой средой, низкой влажностью, высокой зольностью. Отложения озёр преимущественно зоогенового происхождения. Установленные высокие C:N косвенно свидетельствуют о замедленности процессов минерализации органических веществ в глубоких холодноводных озёрах. Мощность донных отложений озёр не превышает 0,6 м.

Данные исследования проводились в рамках комплексного лимнологического исследования приморских и дельтовых озёр Северо-Востока России по программе Министерства образования РФ, Государственный заказ № 5.5549.2011.

Литература

1. ГОСТ 4979-81. Перезидания. Вода хозяйственно-питьевого назначения. Общие требования к полевым методам анализа. – Дата последнего изменения: 21.12.2017. – 9 с.
2. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 1 / под ред. Л.В. Боевой. – Ростов-на-Дону: Изд-во НОК, 2009. – 1046 с.
3. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 2 / под ред. Л.В. Боевой. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2012. – 720 с.
4. Инструкции по разведке озёрных месторождений сапропеля РСФСР. – Москва, 1988. – 92 с.
5. Жирков, И. И. Схема лимногенетической классификации озёр Северо-Востока России / И.И. Жирков // Учёные записки Российского Государственного Гидрометеорологического университета. – 2014. – Вып. 34. – С. 18-25.
6. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы / сост. О.В. Гагарина. – Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2012. – 199 с.

7. Трофимова, Т. П. Гидрохимические и гидробиологические условия озёр бассейна р. Яна / Т.П. Трофимова, И.Г. Собакина // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 2. – С. 146-150.
8. Собакина, И. Г. Фауна веслоногих ракообразных (Copepoda: Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida) бассейна р. Анабар / И.Г. Собакина, В.А. Соколова, Н.Г. Шевелева, Т.Д. Евстигнеева // Проблемы региональной экологии. – 2009. – № 3. – С. 98-102.
9. Собакина, И. Г. Современный состав зоопланктона дельты р. Лена в осенний период / И.Г. Собакина, В.А. Соколова, Н.М. Соломонов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Том 11, № 1(3). – 2009. – С. 347-349.
10. Федорова, Е. А. Изучение питания доминирующих видов рыб в нижнем течении р. Колымы / Е.А. Федорова [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 4. – С. 265-268.
11. Березовский, Н. И. Торфяные и сапропелевые месторождения / Н.И. Березовский, Б.В. Курзо, В.М. Слыш. – Минск : БНТУ, 2011. – 49 с.
12. Лопух, П. С. Общая лимнология / П.С. Лопух, О.Ф. Якушко. – Минск : БНТУ, 2011. – 248 с.
13. Десяткин, Р.В. Почвообразование в термокарстовых котловинах-аласах криолитозоны / Р.В. Десяткин. – Новосибирск : Наука, 2008. – 324 с.
14. Никаноров, А. М. Гидрохимия / А.М. Никаноров. – Ростов-на-Дону : НОК, 2008. – 462 с.

References

1. GOST 4979-81. Pereizdaniya. Voda hozyajstvenno-pit'evogo naznacheniya. Obshchie trebovaniya k polevym metodam analiza. – Data poslednego izmeneniya: 21.12.2017. – 9 s.
2. Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi. CHast' 1 / pod red. L.V. Boevoj. – Rostov-na-Donu: Izd-vo NOK, 2009. – 1046 s.
3. Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi. CHast' 2 / pod red. L.V. Boevoj. – Rostov-na-Donu : Izd-vo YUFU, 2012. – 720 s.
4. Instrukcii po razvedke ozyornyh mestorozhdenij sapropelya RSFSR. – Moscow, 1988. – 92 s.
5. Zhirkov, I. I. Skhema limnogeneticheskoy klassifikacii ozer Severo-Vostoka Rossii / I.I. Zhirkov // Uchyonye zapiski Rossijskogo Gosudarstvennogo Gidrometeorologicheskogo universiteta. – 2014. – Vyp. 34. – S. 18-25.
6. Ocenka i normirovanie kachestva prirodnyh vod: kriterii, metody, sushchestvuyushchie problemy / sost. O.V. Gagarina. – Izhevsk : Izd-vo «Udmurtskij universitet», 2012. – 199 s.
7. Trofimova, T. P. Gidrohimiicheskie i gidrobiologicheskie usloviya ozyor bassejna r. YAna / T.P. Trofimova, I.G. Sobakina // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2018. – № 2. – S. 146-150.
8. Sobakina, I. G. Fauna veslonogih rakoobraznyh (Copepoda: Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida) bassejna r. Anabar / I.G. Sobakina, V.A. Sokolova, N.G. Sheveleva, T.D. Evstigneeva // Problemy regional'noj ehkologii. – 2009. – № 3. – S. 98-102.
9. Sobakina, I. G. Sovremennyyj sostav zooplanktona del'ty r. Lena v osennij period / I.G. Sobakina, V.A. Sokolova, N.M. Solomonov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – Tom 11, № 1(3). – 2009. – S. 347-349.
10. Fedorova, E. A. Izuchenie pitaniya dominiruyushchih vidov ryb v nizhnem techenii r. Kolymy / E.A. Fedorova [i dr.] // Problemy regional'noj ehkologii. – 2011. – № 4. – S. 265-268.
11. Berezovskij, N. I. Torfyanye i sapropelevye mestorozhdeniya / N.I. Berezovskij, B.V. Kurzo, V.M. Slysh. – Minsk : BNTU, 2011. – 49 s.
12. Lopuh, P. S. Obshchaya limnologiya / P.S. Lopuh, O.F. Yakushko. – Minsk : BNTU, 2011. – 248 s.
13. Desyatkin, R. V. Pochvoobrazovanie v termokarstovyh kotlovinah-alasah kriolitozony / R.V. Desyatkin. – Novosibirsk : Nauka, 2008. – 324 s.
14. Nikanorov, A. M. Gidrohimiya / A.M. Nikanorov. – Rostov-na-Donu : NOK, 2008. – 462 s.