УДК 556.314:543.3:592(282.256)

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОЗЁР БАССЕЙНА РЕКИ ЯНА

Трофимова Т.П., Собакина И.Г.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: yktlimno@mail.ru

В статье рассматривается видовой состав зоопланктона озёр дельты р. Яна и химический состав воды (pH, газовый состав, биогенные элементы, макрокомпоненты, общие показатели воды, тяжелые металлы и органические загрязнители). Исследованные озёра имеют разное ландшафтно-лимногенетическое происхождение и расположены в террасовой равнине р. Яна, в бассейнах проток реки – рр. Хара Улах, Самандон и Илин-Шар. При химическом анализе воды использованы физико-химические методы анализа и объемный анализ. Выявлено, что вода исследованных озер не загрязнена ионами тяжелых металлов и органическими загрязнителями, бедна биогенными элементами. Показатели окисляемости и биоэлементов объясняются невысоким развитием фито- и зоопланктонных организмов, что подтверждается низким содержанием биомассы гидробионтов. Для исследованных озёр янского бассейна характерны малая минерализация воды (76–281 мг/л). По гидрохимической классификации воды относятся к гидрокарбонатному классу натриевой группы II типа. Установлено, что исследованные озёра по комплексной гидрохимической оценке качества воды имеют I и II классы качества, т.е. «очень чистые» (2 озера) и «чистые» (8 озер). Летне-осенний зоопланктон исследованных озер дельты 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. На биомассу в основном влияли относительно крупные, хищные голарктические ветвистоусые ракообразные и молодь копепод. Индекс сапробности исследованных озер колеблется в пределах от 1,31 до 1,49, относятся ко II классу качества воды («чистые»), а по показателям трофического типа – «олиготрофным».

Ключевые слова: озеро, зоопланктон, видовой состав, сапробность, трофность, химический состав воды, класс качества воды, бассейн р. Яна

HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL CONDITIONS OF LAKES SITUATED AT THE BASIN OF THE YANA RIVER

Trofimova T.P., Sobakina I.G.

North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: yktlimno@mail.ru

In article the specific structure of zooplankton of lakes of the delta of the Yana River and the chemical composition of water is considered (pH, gas structure, biogenous elements, macrocomponents, the general indicators of water, heavy metals and organic pollutants). The explored lakes have different landscape-limnogenetic origin and are located in the terrasovy plain of the Yana River, in pools a channel of the river – pp. Chara Ulakh, Samandon and Ilin-Shar. At chemical water analysis physical and chemical methods of the analysis and the volume analysis are used. 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. Indicators of oxidability and bio-elements are explained by low development phyto – and zooplanktonic organisms that is confirmed by the low content of biomass of hydrobionts. Of the explored lakes of the yansky pool are characteristic a small mineralization of water (76-281 mg/l). On hydrochemical classification of water belong to the hydrocarbonate class of sodium group II of type. It is established that the explored lakes by complex hydrochemical assessment of quality of water have I and II classes of quality, i.e. «very clean» (2 lakes) and «clean» (8 lakes). Aestivo-autumnal zooplankton of the explored lakes of the delta 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 was generally influenced by rather large, predatory golarktichesky vetvistousy Crustacea and juveniles a copepod. The index of a saprobnost of the explored lakes fluctuates ranging from 1,31 to 1,49, belong to the II class of quality of water («clean»), and on indicators of trophic type – «oligotrofny».

Keywords: lake, zooplankton, species composition, saprobiont, trophicity, the chemical composition of water, quality water, river basin Jan

Река Яна является четвертой по величине рекой Якутии, имеет выход на шельф Ледовитого океана и образуется от слияния рек Дулгалах и Сартанг. Длина Яны составляет 906 км (вместе с Сартангом – 1490 км), площадь бассейна 238 тыс. км^2 [1]. Впадает в мелководный Янский залив моря Лаптевых, служащий местом нагула ценных сиговых полупроходных рыб (ряпушка, омуль, нельма, муксун). В Красную книгу Республики Саха (Якутия) внесены янская популяция сибирского осетра, горбуша и кета. В бассейне Яны насчитывается 39,3 тыс. озёр с общей площадью 3260 км^2, из них 20,06 тыс. озер (51 %) с общей площадью 1350 км^2 находятся в янской дельте, которая составляет 4,3 % от общей площади водосборного бассейна р. Яны. Дельта площадью 10,2 тыс. км^2 начинается от ответвления протоки Самадон от основного русла р. Яна [1, 2].

Для оценки состояния водной экосистемы необходимо знать не только ее гидрохимические параметры, но и параметры ее биотической части. Зоопланктон играет основную роль в образовании органического вещества в водоемах, развитие фитопланктона определяет их биологическую продуктивность и качество воды. Показатели видового состава и трофической структуры зоопланктона играют важную роль в оценке экологического состояния водных объектов. Для любого водоема характерен определенный видовой состав организмов, разнообразие и обилие которого варьирует в зависимости от экологической обстановки в водоеме. На формирование химического состава вод влияет широкий круг различных факторов. Природно-климатический, гидрологический, морфоэдафический факторы формируют химический состав вод озер, который соответствует природным фоновым величинам, классифицируется в зависимости от происхождения, типа водоема, особенностей стока и строения водосбора, характеризуется определенными показателями.

По ландшафтно-лимногенетической классификации И.И. Жиркова [3] исследованные озёра в основном относятся эрозионно-термокарстовому типу разной стадии развития, оз. Китиктях – ледниково-флювиогляциальному типу. Исследованные озёра расположены в террасовой равнине р. Яна, в бассейнах проток р. Яна – рр. Хара Улах, Самандон и Илин-Шар. Географические координаты объектов исследования отражены в табл. 1.

Материалы и методы исследования

Материалом для гидрохимических исследований являются пробы озёрных вод. Пробы воды отобраны на станциях: с поверхностных (20–30 см от поверхности) и с придонных слоев воды (30–40 см от дна). Гидрохимические исследования включали определение органолептических показателей, растворенных газов, биогенных элементов, органического вещества и главных ионов, загрязняющие вещества (фенолы, АПАВ, нефтепродукты) и металлы. Определения физических свойств по ГОСТу 31868-2012 [4] и газового состава воды проводились непосредственно на месте отбора проб. В стационарных лабораторных условиях состав озерных вод изучался химико-аналитическими методами анализа (потенциометрия, атомная абсорбция, флуориметрия, спектрофотометрия) по соответствующим гостированным методикам. Анализы основных компонентов проводились с помощью «Лаборатории контроля воды» на основе спектрометра «Lambda» (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.

Определение организмов зоопланктона проводили с помощью широко используемых определителей. В работе использованы широко применяемые в гидробиологии характеристики зоопланктона: число видов, численность, биомасса, соотношение таксономических групп и др.

Результаты исследования и их обсуждение

Максимальная глубина исследованных озер колеблется от 2,1 до 13,0 м. В момент исследования не зафиксировано вертикальной температурной стратификации, что указывает на равномерное распределение температуры по всей толще воды. Это, очевидно, связано с сильным перемешиванием массы воды из-за ветровых явлений. Температурные показатели водных масс исследованных озер позволяют отнести их к типу холодноводных димиктических озёр резко континентального климата. Прозрачность воды при этом характеризуется высоким показателем, что подтверждается минимальным количеством взвешенных веществ (до 4 м).

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″

В исследованных озёрах концентрации растворенного кислорода варьируют от 6,46 до 10,11 мг/л на поверхностных слоях воды и от 6,52 до 10,32 мг/л на придонных слоях воды. Высокий процент насыщения воды кислородом отмечен в озере Афоня, а наименьший в озере № 9. Свободная двуокись (CO_2) обнаружена в минимальных количествах 2,2–4,4 мг/л и не отмечено стратификации по вертикали от поверхности ко дну.

Величина pH воды – один из важнейших показателей качества вод. Для янских озёр отмечены более низкие водородные показатели и колеблются в основном между нейтральными и слабощелочными водами. Из 10 исследованных озёр у восьми озёр pH-показатель ближе к нейтральной среде. Слабощелочная среда зафиксирована в озере № 8 (7,9–8,2 pH по вертикали.). Щелочная среда обнаружена в озере Афоня (8,7–7,8 pH).

Из *биогенных элементов* изучены минеральные формы азота (ионы аммония, нитриты, нитраты), ортофосфаты и железо. Выявленные невысокие показатели биогенных элементов указывают на бедность воды минеральными веществами и низкий уровень биомассы фито- и зоопланктонных организмов, что подтверждается биологическими исследованиями.

Макрокомпонентный состав. В воде приморских (дельтовых) озёр из анионов преобладают гидрокарбонатные (HCO_3^-) или нитратные (NO_3^-) ионы, в незначительном количестве присутствуют хлоридные (Cl^-) ионы. Сульфатные (SO_4^{2-}) ионы занимают промежуточное положение в анионном составе. В катионном составе доминируют натриевые ионы (Na^+).

Жесткость вод исследованных озёр можно классифицировать [4] как «очень мягкие» воды (от 0,6 до 1 ммоль/л), они не имеют четкой стратификации по вертикали от поверхности ко дну.

По величине *перманганатной окисляемости* не наблюдается большой стратификации по вертикали от поверхности ко дну, что, очевидно, связано с перемешиванием водных масс из-за постоянных ветровых явлений. Колебания 0,55–1,33 мгО/л в поверхностных слоях и 0,39–1,34 мгО/л в придонных слоях воды зафиксированы в озерах дельты р. Яна. Низкие показатели окисляемости объясняются невысоким развитием фито- и зоопланктонных организмов, что подтверждается низким содержанием биомассы гидробионтов. Величина $БПК_5$ во всех исследованных озёрах невысокая и составляет от 0,05 до 2,25 мгO_2/л и в придонных слоях воды – от 0,17 до 3,29 мгO_2/л. Наименьшие показатели зафиксированы в озере Быранатталах.

Озёра бассейна р. Яна характеризуются незначительной минерализацией воды. В поверхностных слоях воды колебание составляет от 75,97 до 258,57 мг/л, в придонных слоях – 78,49–280,88 мг/л. Вода исследованных озер по гидрохимической классификации О.А. Алекина [5] имеет гидрокарбонатный класс натриевой группы II типа.

Зафиксированные концентрации тяжелых металлов и специфических органических загрязнителей со срединных проб воды исследованных озёр незначительны и находятся в пределах нормативов для рыбохозяйственных водоёмов.

В данной работе с целью определения современного экологического состояния исследованных озёр р. Яна проведена комплексная оценка качества воды по индексу загрязнённости воды (ИЗВ). ИЗВ рассчитывался с учетом 6 наиболее характерных для поверхностных вод показателей воды по [6]. Это обязательные показатели воды (кислород, $БПК_5$), марганец и загрязняющие вещества (фенолы, нефтепродукты, АПАВ).

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.

Химический состав и качество воды играет немаловажную роль и влияет на видовое разнообразие и биомассу зоопланктонных организмов, на трофность водоёма в целом.

В работе Комаренко [7] зоопланктон бассейна р. Яна (пяти рек и пяти озер) с июня по октябрь 1960 г. от слияния рек Сартанг и Дулгалах до пос. Уздей состоял из 58 видов. Коловратки составляли 43%, ветвистоусые раки – 36%, веслоногие раки – 21%. В составе зоопланктона озер доминировали коловратки, субдоминантами были ракообразные. Немногочисленный зоопланктон рек был представлен в основном коловратками и ветвистоусыми низшими ракообразными. Отмечалась большая роль заливов, пойменных озер и различных временных водоемов в формировании планктона р. Яна [7].

По материалам современных летне-осенних исследований в изученных озерах было обнаружено 22 вида, принадлежащих к 3 систематическим группам,

т.е. систематический состав организмов зоопланктона низовья р. Яны оказался беднее низовья других северных рек Якутии – Анабара, Лены, Колымы [8–10]. Видовое разнообразие (68 %), численность (61–93 %) и биомассу (кроме оз. № 3) определяли коловратки, субдоминантами были веслоногие низшие раки. Последние представлены мелкими хидоридами *Chydoruss phaericus*, и босминой *Bosmina (B) longirostris*, мелкими дафниями *Daphnia longiremis, D. cristata*, их роль в создании численности биомассы осеннего планктона водоемов незначительна. На биомассу влияли относительно крупные, хищные ветвистоусые ракообразные *Daphnia middendorfiana, Holopedium gibberum*. Из веслоногих найдено 4 вида, из них главными компонентами зоопланктона исследованных озер являются молодь в науплиальной и копеподитной стадиях развития. Относительно высокое видовое разнообразие (12) зафиксировано в 2008 г. (сентябрь) оз. №3 (табл. 2), в 2013 г. (август) в озерах № 8, 1, 7 (табл. 3).

Во всех озерах присутствовали мелкий широко распространенный ветвистоусый рачок *Bosmina (B) longirostris*, а также мелкие олиготрофные холодолюбивые коловратки *Keratella cochlearis, Conochilus unicornis, Kellicottia longispina*.

Количественные показатели численности и биомассы организмов в летний-период были относительно низкими для озерного зоопланктона и колебались в широких пределах – 310–44130 экз./м^3 и 17,82–811,147 мг/м^3 соответственно. Максимальные показатели численности зоопланктона зафиксированы в оз. Китиктях, а биомассы в оз. № 8, минимальные – в оз. № 9 и № 6 соответственно. Высокие показатели численности осеннего зоопланктона в оз. № 2 у п. Усть-Яна обусловлены развитием мелких олиготрофных холодноводных коловраток *Kellicottia longispina* и молодью веслоногих ракообразных II–III копеподитной стадии развития.

В озерах дельтовой части бассейна р. Яна индекс сапробности колеблется в пределах от 1,31 до 1,49 и воды исследованных водоемов относятся к II классу качества воды («чистые» воды), по показателям трофического типа озер, соотношению таксонов, отношению численностей Cladocera и Copepoda озера в летне-осенний период условно относятся к «олиготрофным».

Таблица 2

Количественная характеристика осеннего зоопланктона бассейна р. Яна

	озеро № 1 п. Усть-Яна	озеро № 2 п. Усть-Яна	оз. Большое, уч. Илин-Шар	озеро № 3, уч. Сягиле	озеро № 4, уч. Сягиле
Количество видов	9	10	8	12	6
Численность, экз./м^3	3000	202000	21200	2840	46060
Биомасса, мг/м^3	20,19	1759,2	128,42	26,73	89,24

Таблица 3

Количественная характеристика летнего зоопланктона бассейна р. Яна

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

Выводы

Проведенные гидрохимические и гидробиологические исследования озёр бассейна р. Яна 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 гидрохимической оценке, исследованные озера имеют I и II классы качества и охарактеризуются как «очень чистые» и «чистые». Воды исследованных озер по гидробиологическим показателям в летне-осеннем режиме по качеству относятся к II классу качества воды и характеризуются как «чистые», а по показателям трофического типа как «олиготрофные»;

– летне-осенний зоопланктон озёр состоит из 22 видов, принадлежащих к 3 систематическим группам. Видовое разнообразие (68 %), численность (61–93 %) определяли коловратки, биомассу низшие раки. Последние представлены мелкими хидоридами *Chydorus sphaericus,* босминой *Bosmina (B) longirostris*, олиготрофными мелкими дафниями *Daphnia longiremis, D. cristata*, их роль в создании численности биомассы осеннего планктона водоемов незначительна. На биомассу влияли относительно крупные, хищные ветвистоусые ракообразные *Daphnia middendorfiana, Holopedium gibberum* и молодь копепод науплиальной и копеподитной стадий развития. Относительно высокое видовое разнообразие зафиксировано в озерах № 8, 1, 7;

– воды озер имеют благоприятную для развития гидробионтов среду (pH) и характеризуются по сравнению с озёрами Центральной Якутии невысокими показателями биогенных элементов, которые непосредственно связаны с их жизнедеятельностью;

– суровые условия криолитозоны с коротким вегетационным периодом и слабым прогревом воды влияют на развитие зоопланктона и в целом на химический состав воды. Исследование показало, что по 8 озерам II класс качества вод по химическим и гидробиологическим показателям совпадает.

Список литературы

1. Рыбы бассейна реки Яны: учебное пособие // А.Ф. Кириллов, В.В. Ходулов, Д.В. Шахтарин. – Якутск: НПО «ЭКОР», 2009. – 58 с.

2. Реки и озера Якутии: крат. справочник / отв. ред. В.И. Агеев. – Якутск: Бичик, 2007. – С. 44–47.

3. Жирков И.И. Схема лимногенетической классификации озер Северо-Востока России / И.И. Жирков // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2014. – Вып. 34. – С. 18–25.

4. ГОСТ 4979-81. Переиздания. Вода хозяйственно-питьевого назначения. Общие требованияк полевым методам анализа. – Дата последнего изменения: 21.12.2017. – 9 с.

5. Никаноров А.М. Гидрохимия: учеб. для вузов. – 3-е изд., доп. – Ростов-н/Д.: НОК, 2008. – 462 с.

6. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: учебно-методическое пособие / сост. О.В. Гагарина. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. – 199 с.

7. Комаренко Л.Е. Планктон бассейна р. Яны / Л.Е. Комаренко. – М.: Наука, 1968. – 147 с.

8. Собакина И.Г., Соколова В.А., Шевелева Н.Г., Евстигнеева Т.Д. Фауна веслоногих ракообразных (Copepoda: Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida) бассейна р. Анабар / И.Г. Собакина [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2009. – № 3. – С. 98–102.

9. Собакина И.Г., Соколова В.А., Соломонов Н.М. Современный состав зоопланктона дельты р. Лена в осенний период // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11, № 1(3) (27). – С. 347–349.

10. Изучение питания доминирующих видов рыб в нижнем течении р. Колымы / Е.А. Федорова [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 4. – С. 265–268.

References

1. Ryby bassejna reki Jany: uchebnoe posobie // A.F. Kirillov, V.V. Hodulov, D.V. Shahtarin. Jakutsk: NPO «JeKOR», 2009. 58 p.

2. Reki i ozera Jakutii: krat. spravochnik / otv. red. V.I. Ageev. Jakutsk: Bichik, 2007. pp. 44–47.

3. Zhirkov I.I. Shema limnogeneticheskoj klassifikacii ozer Severo-Vostoka Rossii / I.I. Zhirkov // Uchjonye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta. 2014. Vyp. 34. pp. 18–25.

4. GOST 4979-81. Pereizdanija. Voda hozjajstvenno-pitevogo naznachenija. Obshhie trebovanijak polevym metodam analiza. Data poslednego izmenenija: 21.12.2017. 9 p.

5. Nikanorov A.M. Gidrohimija: ucheb. dlja vuzov. 3-e izd., dop. Rostov-n/D.: NOK, 2008. 462 p.

6. Ocenka i normirovanie kachestva prirodnyh vod: kriterii, metody, sushhestvujushhie problemy: uchebno-metodicheskoe posobie [Tekst] / sost. O.V. Gagarina. Izhevsk: Izd-vo «Udmurtskij universitet», 2012. 199 p.

7. Komarenko L.E. Plankton bassejna r. Jany / L.E. Komarenko. M.: Nauka, 1968. 147 p.

8. Sobakina I.G., Sokolova V.A., Sheveleva N.G., Evstigneeva T.D. Fauna veslonogih rakoobraznyh (Copepoda: Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida) bassejna r. Anabar / I.G. Sobakina [i dr.] // Problemy regionalnoj jekologii. 2009. no. 3. pp. 98–102.

9. Sobakina I.G., Sokolova V.A., Solomonov N.M. Sovremennyj sostav zooplanktona delty r. Lena v osennij period // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2009. T. 11, no. 1(3) (27). pp. 347–349.

10. Izuchenie pitanija dominirujushhih vidov ryb v nizhnem techenii r. Kolymy / E.A. Fedorova [i dr.] // Problemy regionalnoj jekologii. 2011. no. 4. pp. 265–268.