

СОВРЕМЕННОЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ТОККО

**Жирков И.И., Трофимова Т.П., Жирков К.И., Пестрякова Л.А.,
Собакина И.Г., Иванов К.П.**

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

Рассматривается современное геоэкологическое состояние уникального озера Большое Токко. Озеро тектонического переработанного ледниковой экзарацией происхождения характеризуется своими уникальными морфометрическими показателями. Проведены полевые и стационарные химические анализы воды, в ходе которых определены качественные и количественные показатели воды. Рассчитан УКИЗВ по всей массе воды по вертикали от поверхности ко дну. Определен таксономический список диатомей, отношение к солёности, выявлено преобладание бореальной формы диатомей, хотя по численности створок абсолютное первенство принадлежит арктоальпийским формам. Рассчитан индекс сапробности водоема в модификации Сладечека. Составлен фаунистический состав зоопланктона озера. Фауна зоопланктона представлена в основном широко распространенными видами в палеарктике и голарктике. Рассчитаны биомассы преобладающих форм планктона. 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: тектоническое озеро, уникальное озеро, морфометрические показатели, масса воды, генезис, гидрохимия, удельный комбинаторный индекс загрязнённости вод, диатомовые комплексы, тип солёности, индекс сапробности, зоопланктон, биомасса, донный осадок, агрохимический состав донных отложений, озёрные ресурсы

CURRENT GEOECOLOGICAL STATE OF LAKE BOL'SHOE TOKKO

Zhirkov I.I., Trofimova T.P., Zhirkov K.I., Pestryakova L.A., Sobakina I.G., Ivanov K.P.

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

The current geoecological state of the unique lake Big is considered by Tokko. The lake of the tectonic origin processed by a glacial exaration is characterized by the unique morphometric indicators. Field and stationary chemical water analyses during which quality and quantitative indices of water are defined are carried out. UKIZV on all mass of water down from a surface to a bottom is calculated. The taxonomical list of diatoms, the relation to salinity is defined, prevalence of a boreal form of diatoms is revealed though on the number of shutters absolute superiority belongs to arktalpiysky forms. The reservoir saprobnost index in Sladechek's modification is calculated. The faunistic structure of zooplankton of the lake is made. The fauna of zooplankton is presented by generally widespread types in a palearktika and a golarktika. Biomass of the prevailing forms of plankton are calculated. It is revealed that on geochemical and agrochemical indicators lake deposits of the lake significantly differ lake deposits of a flat kriolitizona of the Central Yakutia. Very high ratios of carbon to nitrogen are established that indirectly testifies to slowness of processes of a mineralization of organic substances in deep cold water lakes.

Keywords: tectonic lake, unique lake, morphometric indicators, mass of water, genesis, hydrochemistry, specific combinatory index of impurity of waters, diatome complexes, salinity type, saprobnost index, zooplankton, biomass, ground deposit, agrochemical composition of ground deposits, lake resources

Исследованное озеро Большое Токо (Улахан Токко) Указом № 836 Президента РС(Я) М.Е. Николаева «О мерах по развитию системы особо охраняемых природных территорий» от 16.08.1994 г. включен в список уникальных озёр. Уникальные озера, более чем другие озера, значимы для человека. Значение их велико и неопределимо не только для человека, но и для самой природы. В этих водоемах происходят жизнеобеспечивающие процессы для всего окружающего мира и потому они имеют огромное экономическое, социальное и эстетическое значение.

Ресурсный резерват республиканского значения «Большое Токко» с площадью 2658,0 км² и ресурсный резерват местного

значения «Восток» с площадью 8741,4 км² в связи с предстоящим интенсивным и масштабным освоением примыкающего к ним вплотную гигантского Эльгинского угольного месторождения, считаем целесообразным объединить и перевести в наивысший статус ООПТ – Государственный природный заповедник федерального значения. Разумеется, это требует скрупулёзного согласования площадей территорий и акваторий, подлежащих заповедованию, так как они непосредственно будут граничить с территориями, попадающими под карьеры, шахты и строения Эльгинского месторождения.

Бассейн уникального озера Большое Токко расположен в Южной Якутии, в ме-

сте схождения границ Республики Саха (Якутия), Хабаровского края и Амурской области, находится на территории Нерюнгринского района в 425 км к востоку от г. Нерюнгри РС(Я) на самой восточной окраине данного района.

Территория бассейна озера Большое Токко расположена в северных отрогах Токкинского Становика – хребта системы Станового Хребта на высоте 903,8 м над уровнем моря. Весь бассейн озера Большое Токко расположен в горной местности. Южная часть бассейна озера непосредственно примыкает к Токкинскому Становику, и достигает 2412 м высоты с относительными превышениями до 1000 м. Западная часть Токкинской впадины имеет поверхность резко расчлененного плато с абсолютными высотами 1000-1200 м и относительными превышениями водоразделов над узкими, но глубокими долинами на высотах 300-500 м.

Озеро, ограничено системой древнеледниковых конечно-моренных валов, является классическим примером результатов активной деятельности одного из самых значительных на Дальнем Востоке древних (позднечетвертичных) ледников, спускавшихся со склонов Станового хребта [7].

На климат района влияет ее географическое положение в относительно высоких широтах на восточной окраине материка Евразия. Значительная удаленность от Атлантического океана обуславливает сухость западных ветров, а влияние Тихого океана здесь выражено более частыми теплыми воздушными массами. Климат территории, на которой располагается уникальное озеро Большое Токко согласно классификации Б.П. Алисова [22] находится в области умеренного климатического пояса.

Материалы и методы исследования

Лимнологические работы по определению морфометрических характеристик озера выполнялись в соответствии с методическими разработками Института озероведения РАН, Лимнологического Института СО РАН, Лаборатории озероведения БелГУ [6, 15, 23, 24]. Выполнены по ледокрытой поверхности озера 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 озерных 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. Определение ор-

ганолептических показателей воды проводилось по ГОСТу 1030-81 [8]. Химический анализ проведен по общепринятым в гидрохимии гостированным методикам [2, 16, 21]. Комплексная оценка качества воды проводилась по [11].

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 [4, 5]. 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. [3].

Материалом для диатомовых и агрохимических исследований послужили образцы поверхностных отложений. Самый верхний неконсолидированный слой донных отложений был отобран применением автоматического коробчатого дночерпателя с трех точек озера. Камеральная обработка проб на диатомовый анализ и количественная методика определения содержания створок диатомей выполнена по общепринятой методике [17, 18]. Для идентификации видов были использованы отечественные и зарубежные определители. Для оценки степени происходящих изменений в составе диатомовой флоры и качества воды в озере применены индексы сапробности, вычисленные по методу Пантле-Букка в модификации Сладечека [13, 20].

Исследование донных отложений озера проводилось по [14]. Химические анализы донных осадков выполнены в соответствии [9, 10]

Результаты исследования и их обсуждение

В гидрологическом, гидрографическом, ледово-термическом и гидрохимическом отношении оз. Большое Токко было впервые исследовано А.Ф. Константиновым и А.С. Ефимовым в 1971 г. [3]. Озеро является проточным: с юга, с отрогов Станового хребта, впадает р. Утук, берущая свое начало на высоте 1880 м над уровнем моря. В залив озера с восточного нагорья впадает небольшой ручей, а вытекает единственная река Мулам с северо-восточной оконечности озера. Все эти реки в гидрологическом отношении также являются неизученными, поэтому расходные характеристики их были определены расчетным путем.

Озеро имеет овально-продолговатую, слабо изрезанную форму, ориентированную в северо-восточном направлении. Наибольшая длина озера 15,4 км, ширина – 7,5 км, а площадь зеркала составляет 8500 га, площадь водосбора – 919 км² (табл. 1). На од-

ной из точек промеров в юго-западной части озера была зафиксирована наибольшая глубина – 78 м. Учитывая, что промерные точки располагались по углам квадратов со сторонами в 1 км, а в местах наибольшей глубины 0,2 км, вполне можно ожидать максимальную глубину до 80 м. Возможны и большие глубины, если есть тектонический разлом в виде трещины. Таким образом, оз. Большое Токко оказалось наиболее глубоким из инструментально обследованных озёрных водоёмов Якутии.

По ландшафтно-лимногенетической классификации озёр И.И. Жиркова [8] озеро относится к тектоническим озёрам грабенного подтипа, переработанным ледниковой экзарацией.

Подводный рельеф озера неровный, самые глубокие её части (с глубиной более 40 метров) располагаются в западных и южных частях акватории озера. Максимальные глубины более 70 метров находятся на западном сегменте озера, примерно в 700 метрах от берега. Мелководна северо-восточная часть озера у истока р. Мулам (менее 20 метров). Мелководья озера с глубинами ниже 10 м находятся преимущественно на северной и восточной окраинах озера вблизи от берега.

Таблица 1
Морфометрические показатели оз.
Большое Токко

№ п/п	Морфометрические характеристики	Показатели
1	Площадь поверхности озера, га	8500
2	Длина, км	15,4
3	Ширина макс., км	7,56
4	Ширина средняя, км	5,51
5	Глубина макс., м	78
6	Глубина средняя, м	30,5
7	Высота нуля графика над уровнем моря, м	903,8
8	Прозрачность воды, м	9,8
9	Длина береговой линии по урезу воды, км	52,48

Гидрохимическая характеристика озера. Температура водной массы подо льдом ниже 4 °С позволяет отнести данный водоем к типу холодноводных димиктических озёр резкоконтинентального климата. Прозрачность воды при этом характеризуется высоким показателем, что подтверждается минимальным количеством взвешенных органических веществ (до 10 м). В период исследования газовый состав воды озера является благоприятным, характеризуется высоким процентом насыщения толщ воды кислородом, и оптимальным содержанием

двуоксида углерода для поддержания биологических процессов водоема.

Изучение биогенного состава показало бедность воды минеральными веществами, необходимыми для жизнедеятельности гидробионтов, что косвенно подтверждается невысокими показателями биомассы зоопланктонных организмов и диатомовых водорослей.

Исследование по содержанию органических веществ позволяет говорить, что вода озера не загрязнена органическими веществами. Можно предположить, что те органические вещества, которые содержатся в воде озера, преимущественно автохтонного происхождения, что подтверждается расчётом индексов БПК/Перманганатная окисляемость и классифицируются как «природное органическое вещество». Это также подтверждается расчётом содержания гуминовых веществ в воде по индексу Б.А. Скопинцева, который также указывает на их низкое процентное содержание.

Колебание общей минерализации воды по вертикали от поверхности ко дну незначительно (от 42,92 до 33,55 мг/л). Вода озера Большое Токко по гидрохимической классификации О.А. Алекина [1] имеет гидрокарбонатный класс натриево-магниевой группы II типа и относится к ультрапресным водам, бедна минеральными веществами. Жесткость воды в озере «очень мягкая» по всей толще воды и имеет магниевый характер.

С целью определения современного экологического состояния уникального озера Большое Токко проведена комплексная оценка качества воды по комбинаторному индексу загрязненности воды. УКИЗВ вычислен в вертикальном распределении толщ воды в зимнем режиме. УКИЗВ рассчитывался с учетом 15 наиболее характерных для поверхностных вод показателей воды. Это общие показатели воды (растворенный кислород, перманганатная окисляемость), биогенные элементы (аммоний, нитрат, ортофосфаты, железо), металлы (кадмий, свинец, марганец, медь) и загрязняющие вещества (фенолы, нефтепродукты, АПАВ, ХПК).

Расчеты показали, что в вертикальном распределении вся масса воды озера Большое Токко относится к «условно чистой». Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды колеблется от 0,21 до 0,15 по вертикали от поверхности ко дну и относится к I классу качества.

Диатомовая флора озера представлена 110 видами, относящимися к 29 родам, семействам, порядкам и 3 классам. В поверхностных осадках озера впервые обнаружены 10 (9%) новых для Якутии видов

диатомей. Найдены редкие для альгофлоры Якутии виды (21 вид), составляющие около 19% флоры. Однако по частоте встречаемости большинство их занимают не более 1% от общего количества створок и имеют оценку «единично».

Структурообразующий комплекс формируют 7 массовых видов: *Aulacoseira subarctica* и *Aulacoseira distans*, *A. sp.*, *Cyclotella cyclopuncta*, *C. tripartita*, *Achnanthes minutissima*, *Tabellaria flocculosa*, *Pliocenicus costatus*. Исключительно интересной является находка очень редкого вида *Pliocenicus costatus*, доминирующего во всех трех пробах из оз. Большое Токко.

Анализ экологического спектра диатомовых комплексов обследованного озера по отношению к местообитанию показал, что во флоре почти одинаковая доля диатомей относится к донным и эпифитным формам (46 и 41% соответственно), а по численности по точкам абсолютно преобладают планктонные виды (от 55 до 71%).

По отношению к солености в поверхностных осадках озера во флоре (59%) и по численности створок гораздо преобладали индифференты (37 – 47%), предпочитающие минерализацию воды в пределах 0,2–0,3 ‰. Второе место занимают галофобы, которые во флоре озера составляют до 12%. По численности створок в пробах их доля колеблется от 22 до 33%. Они являются типичными представителями тундровых болотных сообществ.

По географическому распространению диатомей осадка во флоре преобладают бореальные формы (36%) незначительно им уступают арктоальпийские обитатели чистых и холодных вод (27%). Однако по чис-

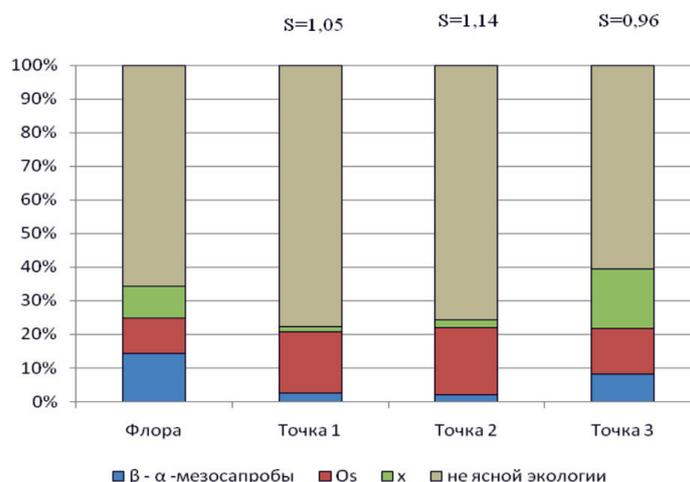
ленности створок абсолютно преобладали последние (от 48 до 55%).

Исследованы индикаторные группы диатомовых водорослей в водоеме. Среди выявленного видового богатства диатомей установлено всего 37 индикаторных вида – показателей сапробности, из них 36,6% характеризуют β – мезосапробную, 26,8% — олигосапробную; 24,4% – ксеносапробную. Наряду с ними 12% видов характерны для альфамезосапробных водоемов.

Расчет интегрального индекса сапробности водоема высчитанный по методу Пантле-Букка в модификации Сладечека следует считать ориентировочным, так как многие виды, входящие в состав доминирующего комплекса не изучены как индикаторы органического загрязнения. Тем не менее, следует отметить, что по отобраным пробам индекс сапробности (S) меняется в пределах от 0,96 до 1,14, что соответствует к олигосапробной зоне (чистые воды) (рисунок).

Полученные данные по видовому составу диатомей дополняют систематический список альгофлоры Якутии. Собранный материал является уникальным и имеет несомненный интерес, особенно, в области палеолимнологии и палеоэкологии и может стать основой для проведения дальнейших комплексных экологических исследований в этом аспекте.

Современный фаунистический состав зоопланктона оз. Большое Токко представлен 20 видами, из них коловраток 40%, ветвистоусых ракообразных 35% и веслоногих раков 25%. Фауна зоопланктона была представлена в основном широко распространенными видами в палеарктике и голарктике.



Соотношение диатомей по отношению к органическому загрязнению и показатель индекса сапробности (S) оз. Большое Токко

В весенних пробах с поверхностных слоев в зоопланктоне значительную роль в видовом разнообразии имели коловратки, в количественном развитии – молодь веслоногих ракообразных III-IV копеподитной стадии; в глубинных слоях – молодь веслоногих ракообразных. Летом в поверхностных слоях развитие получили ракообразные *Holopedium gibberum*, *Bosmina longispina*, *Cyclops kolensis* и *Heterocope appendiculata*, в глубоких слоях ракообразные *Bosmina longispina* и коловратки *Conochilus unicornis*, *Kellicottia longispina*. Численность и биомассу в озере обуславливала молодь веслоногих ракообразных.

Показатели развития зоопланктона значительно варьируют. Максимальная численность (7500 экз./м³) и биомасса (127,5 мг/м³) было зафиксировано на глубине 10 м. Также отмечено значительное повышение количественных показателей на глубине 50 м (табл. 2), и незначительное – на глубине 75 м.

Донные осадки озера представлены высокозольными глинисто-илистыми отложениями со следующими внешними признаками: преобладающий цвет черный, со слабым запахом сероводорода, с растительными и органическими остатками, имеет грязевую консистенцию, вязкая, липкая, но легко смывается с поверхности металлических предметов.

Анализы поверхностных слоев отложенных показали, что влажность донных осадков обладает различной изменчивостью

в зависимости от глубины залегания слоев в осадке. Так, в пробе 1, отобранной в самой глубокой части озера (78 м) влажность илистых озёрных осадков – 69,4%, а в пробе 3 (7,5 м) – 45,3% (табл. 3). Здесь закономерность такая, что чем больше органики, тем больше влажность. Реакция среды смещена в кислую сторону.

По геохимическим и агрохимическим показателям озёрные отложения озера Большое Токко существенно отличаются от ранее изученных нами озёрных отложений равнинной криолитозоны Центральной Якутии: они маломощны, в них намного меньше содержание органических веществ. Кроме того, отложения равнинных озёр преимущественно растительного происхождения, а в нашем случае преобладают зоогенные. Установлены также весьма высокие соотношения углерода к азоту, что косвенно свидетельствует о замедленности процессов минерализации органических веществ в глубоких холодноводных межгорных, горных и предгорных озёрах.

Таким образом, лимнологическое состояние уникального озера Большое Токко перед промышленным, широкомасштабным интенсивным освоением Эльгинского месторождения находится в природном равновесии и не вызывает опасения. Необходимо в дальнейшем активизация ландшафтных, лимнологических, гидроэкологических и мониторинговых исследований в целях контроля качества самого озера и его водосбора.

Таблица 2

Изменение количественных показателей зоопланктона

Станции	Коловратки	Веслоногие раки	Всего
Ст. 1, поверхностная проба	200/0,14	3260/63,3	3460/63,44
Ст. 2, поверхностная проба	-	660/7,56	660/7,56
На глубине 10 м	-	7500/127,5	7500/127,5
20 м	500/1	4500/50,5	5000/51,5
40 м	-	1500/25,5	1500/25,5
50 м	500/0,5	6000/89	6500/89,5
70 м	-	1500/25,5	1500/25,5
75 м	-	4000/55	4000/55

Примечание: численность (экз./м³) / биомасса (мг/м³)

Таблица 3

Агрохимическая характеристика сапропелевых отложений озера

№ пробы	%		pH солев.	в% _{АСВ}				Органическое вещество	C:N
	Влажность	Зола		N	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O ₅		
1.	66,03	75,6	5,3	0,2	0,014	0,14	0,13	12,2	58,1
2.	69,4	75,1	5,3	0,7	0,004	0,62	0,19	12,4	18,0
3.	45,4	91,2	5,3	0,2	0,006	0,32	0,17	4,4	24,4

Список литературы

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 443 с.
2. Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев В.А. Руководство по химическому анализу вод суши. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 269 с.
3. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. – СПб.: Наука, 1996. – 189 с.
4. Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. – Л., 1979а. – С. 169–172.
5. Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. – Л., 1979б. – С. 58–72.
6. Богословский Б.Б. Озероведение. – М.: Изд-во при МГУ, 1960. – 335 с.
7. Воскресенский С.С. Геоморфология СССР: учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1968. – 368 с.
8. ГОСТ: Вода хозяйственно-питьевого назначения. Полевые методы анализа. Технические требования. ГОСТ 1030-81. – М.: Изд-во стандартов, 1981.
9. ГОСТ: Удобрения органические. Общие требования к методам анализа. ГОСТ 26712-94. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 9 с.
10. ГОСТ: Удобрения органические. Общие требования к методу анализа калия. ГОСТ 26718-85. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 4 с.
11. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям. // Гидрохимические материалы, 1983, т. 88. С. 119–129.
12. Константинов А.Ф., Ефимов А.С. Предварительные результаты обследования озера Большое Токо // Вопросы энергетики Якутской АССР. Якутск: Якутское кн. изд-во, 1973. – С. 189–203.
13. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. – Л.: ЗИН АН СССР, 1974 б. – 58 с.
14. Методологические указания по разведке озерных месторождений сапропеля. – М., 1976.
15. Муравейский С.Д. Очерки по теории и методам морфометрии озер. – М., 1960.
16. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.
17. Общие закономерности возникновения и развития озер. Методы изучения истории озер. (Серия: История озер СССР). – Л.: Наука. 1986. – 254 с.
18. Пестрякова Л.А. Исследование водных экосистем (Метод диатомового анализа). – Якутск: Изд-во ЯГУ, 1997. – С. 21.
19. Реки и озера Якутии: крат. справочник / отв. ред. В.И. Агеев. – Якутск: Бичик, 2007. – С. 44–47.
20. Унифицированные методы исследований качества вод. – М., 1977. СЭВ. Индикаторы сапробности. С. 1–91; Атлас сапробных организмов. С. 1–227.
21. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. I. Методы химического анализа вод. 3-е изд. СЭВ. – М., 1977. – 830 с.
22. Физико-географическое районирование СССР – характеристики региональных единиц / под ред. Н.А. Гвоздецкого. – М.: Изд-во МГУ, 1968. – 576 с.
23. Якушко О.Ф. Белорусское поозерье. – Минск: Вышэйшая школа, 1971. – 336 с.
24. Якушко О.Ф. Озероведение. География озер Белоруссии. – Минск, 1981.