

УДК 556.004.65

Д. Д. ПИНИГИН*, Н. А. НИКОЛАЕВА*, Т. А. САЛОВА**, М. И. КСЕНОФОНТОВА***

*Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск

**Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

***Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера
Северо-Восточного федерального университета, г. Якутск

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩА НЕРЮНГРИНСКОЙ ГРЭС

Осуществлена оценка качественного состояния воды технического водохранилища Нерюнгринской ГРЭС в Южной Якутии с целью определения ихтиологических и рекреационных возможностей его использования. Для этого в разные годы проведены гидрохимические и гидробиологические исследования. В результате гидрохимических исследований определено, что содержание в воде основных показателей — главных ионов, органических и большинства биогенных веществ — находится в пределах допустимой концентрации, установленной для водоемов рыбохозяйственного значения. Также выявлено, что содержания нефтепродуктов, фенолов, железа общего, меди, свинца и марганца превышают эти нормативы. Анализ изменения гидрохимического состояния воды в динамике позволяет утверждать, что с течением времени произошло уменьшение концентрации некоторых загрязняющих веществ и определенная стабилизация химического состава воды водохранилища. Изучение донных отложений выявило небольшие превышения рыбохозяйственных нормативов по литофильным элементам, что свидетельствует об обогащении отложений кадмием, медью, цинком и элементами группы железа. Таким образом, по большинству гидрохимических показателей вода пригодна для рыбохозяйственного и рекреационного использования. Определено количественное и качественное состояние макробентоса водоема. Результаты гидробиологических исследований по определению состояния макробентоса свидетельствуют о необходимости дополнительных мероприятий по увеличению кормовой базы.

Ключевые слова: гидрохимическое и гидробиологическое исследования, показатели качества воды, превышение допустимых концентраций, Южная Якутия, водные ресурсы, антропогенное воздействие.

An assessment is made of the water quality in the process water reservoir of Neryngri GRES in Southern Yakutia with the purpose of determining its possible ichthyological and recreational utilization. With this aim in view, hydrochemical and hydrobiological investigations have been made in different years. Hydrochemical studies revealed that the content levels of the key indicators, namely the major ions, organic matter and most of biogenic substances in the water are within the limits of permissible concentrations as established for water bodies used for fisheries. It is also found that the content levels of petroleum products, phenols, total iron, copper, lead and manganese exceed these standards. Analysis of temporal changes in the hydrochemical status of the water suggests that over the course of time there occurred a decrease in concentrations of some pollutants, and a certain stabilization of the chemical composition of water in the reservoir. A study of bottom sediments revealed small exceedances of the fisheries standards for lithophilic elements, indicating that the sediments are enriched with cadmium, copper, zinc and elements of the iron group. According to most of the hydrochemical indicators, the water is therefore suitable for fisheries and recreational utilization. The quantitative and qualitative status of the macrobenthos in the reservoir is determined. The results from hydrobiological investigations for determining the status of the macrobenthos dictate a need for additional measures to increase the nutritive base.

Keywords: hydrochemical and hydrobiological research, water quality indicators, exceedances of permissible concentrations, Southern Yakutia, water resources, anthropogenic impact.

Задачи рационального использования и охраны водных ресурсов включают в себя большой круг вопросов, связанных с организацией комплексного использования искусственных водохранилищ.

Нерюнгринская ГРЭС, расположенная в зоне многолетнемерзлых пород и снабжающая электрической и тепловой энергией Южную Якутию, представляет собой одну из крупнейших тепловых электростанций севера азиатской части России. На р. Олонгоро (приток р. Тимптон) создано техническое Нерюнгринское водохранилище, основное назначение которого — питание системы охлаждения станции. В последнее время водохранилище используется для разведения некоторых видов рыб (амурского сазана, пеляди, байкальского омуля, сиговых), а также как место массового отдыха населения.

Цель работы — оценка гидрохимического и гидробиологического состояний воды водохранилища Нерюнгринской ГРЭС для обоснования возможностей его ихтиологического и рекреационного использования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нерюнгринское водохранилище при нормальном подпорном уровне имеет следующие параметры: площадь водного зеркала — 4,65 км², полный объем — 43,9 млн м³, средняя глубина — 9,3 м, максимальная глубина — 23 м. Коэффициент водообмена водохранилища равен 1,7 [1].

Исследование качества воды Нерюнгринского водохранилища проведено в два этапа, первый из которых осуществлен в 1993 г. во время двух гидрологических фаз: весеннего половодья (июнь) и летней межени (август) с двух горизонтов. В период летней межени 2010 г. (второй этап) были отобраны для последующего анализа пробы воды и донных отложений водохранилища. Кроме того, в период с 2010 по 2012 г. проведено гидрохимическое исследование более 30 малых рек и ручьев бассейна р. Алдан [2].

Во время первого этапа с акватории водохранилища взяты пробы воды, донных грунтов, зообентоса и сделан их лабораторный химический анализ. Гидрохимическое опробование, отбор донных отложений и хранение проб осуществлялись в соответствии с ГОСТами [3–5]. Для транспортировки проб использовалась пластиковая и стеклянная тара, обеспечивающая их сохранность. Пробы воды и донных отложений проанализированы в лабораториях Якутского республиканского центра госсанэпиднадзора и физико-химических методов анализа Научно-исследовательского института прикладной экологии Северо-Восточного федерального университета по общепринятым методикам [6–9].

Гидробиологическое исследование, включающее в себя сбор и обработку проб зообентоса, проводилось согласно методикам [10, 11]: в полевых условиях качественные пробы собраны путем смыва донных организмов с камней, количественные — с помощью скребка с площадью захвата 0,2 м²; биоматериал подвергался фиксации формалином. В лабораторных условиях производилась выборка организмов из отмытых проб, их взвешивание на торсионных весах. Качественный состав определялся при помощи бинокулярного микроскопа МБС-1 и микроскопа Laboval. При установлении видовой принадлежности донной фауны использовались отечественные Определители пресноводных беспозвоночных [12, 13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрохимическая характеристика водохранилища. Известно [14, 15], что качество воды искусственного водохранилища формируется в результате взаимодействия ряда факторов: естественного гидрохимического состава питающей реки, влияния затопленных почвогрунтов и остатков растительности ложа водохранилища и связанных с этим внутриводоемных процессов, гидрологических условий, а также антропогенного воздействия на водный объект и его водосборную площадь. Важное значение имеет и географическое положение водоема.

К основным факторам формирования состояния воды Нерюнгринского водохранилища относятся очищенные коммунально-бытовые стоки пос. Серебряный Бор, талые и ливневые стоки с водосборной площади водохранилища и охлаждаемые воды ГРЭС. Наряду со специфическим температурным режимом на гидрохимическом состоянии воды сказываются физико-географические условия водосборной площади.

На станции действует система замкнутого оборотного водоснабжения, благодаря которой условно чистые подогретые стоки сбрасываются через водосбросный канал для охлаждения в водохранилище, оказывая тепловое воздействие. В результате температурной съемки, выполненной предприятием «Союзтехэнерго», выявлено, что в южной части водохранилища температура воды составляет 18–21 °С, а в северной — 21–24 °С. Вдоль северо-западной оконечности зафиксирована узкая полоса наиболее прогретой воды — здесь выходят нагретые воды со сбросного канала станции.

Для оценки состояния воды водохранилища НГРЭС за оба этапа были выбраны 9 контрольных точек отбора проб (см. рисунок). В 1993 г.: I — на выходе сбросного канала, II — понтоны рыбохозяйства, III — акватория водохранилища на расстоянии 250 м от понтонов, IV — пляж; в 2010 г.: V — восточная оконечность плотины водохранилища, VI — восточный берег, VII — северо-западный берег, VIII — на выходе сбросного канала, IX — западный берег.

Пробы отбирались в емкости объемом 5 л и через двое суток доставлялись на анализ в химическую лабораторию в г. Якутск. Определяли физические свойства воды, содержание главных ионов, органического вещества, биогенных элементов, нефтепродуктов, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), некоторых тяжелых металлов.

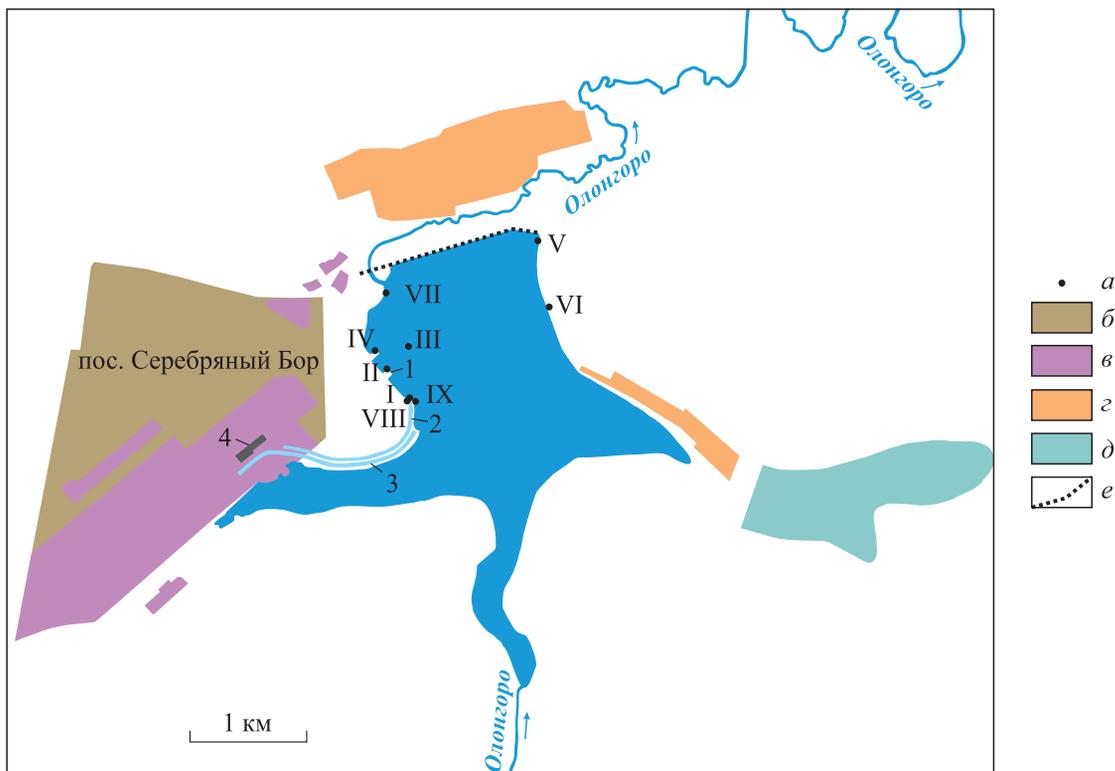


Схема расположения точек отбора проб воды водохранилища Нерюнградской ГРЭС.

1 — понтоны рыбохозяйства; 2 — сбросной канал; 3 — подводящий канал; 4 — Нерюнградская ГРЭС. *a* — точки отбора проб (I–IX). Зоны: *б* — урбанизированная, *в* — промышленная, *г* — селитебная. *д* — шламохранилище; *e* — плотина водохранилища.

Результаты оценки гидрохимического состояния воды Нерюнградского водохранилища, полученные путем сравнения данных лабораторных исследований с предельно-допустимыми концентрациями для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДК_{вр}) за 1993 и 2010 гг. [16], приведены в таблице.

Качество воды Нерюнградского водохранилища, как говорилось выше, в основном определяется гидрохимическим составом р. Олонгоро, вода которой (как и большинства северных рек) относится к гидрокарбонатному классу [17]. Показатель цветности соответствует гидрологическим фазам водоема: в послеполоводный период 1993 г. он был повышенным и составлял в среднем 76°, в меженный период — 40–45°. Вода очень мягкая (по значению жесткости) и обладает нейтральной и слабощелочной средой (по значению pH). Содержание взвешенных веществ незначительно, с некоторым увеличением ко дну.

Исследованная вода имеет малую минерализацию, среди катионов преобладает кальций, а среди анионов — гидрокарбонатный ион. Содержание главных ионов (сульфатов, хлоридов, магния, натрия и калия) невелико.

Представление о величине и характере органического вещества дают определение и соотношение величин биохимического потребления кислорода (БПК₅) и перманганатной окисляемости (ПО). Так, средние значения БПК₅ составили 1,4 мг О/дм³ с тенденцией некоторого увеличения ко дну до 2,0 мг О/дм³. Величины ПО изменялись от 7,4 мг О/дм³ в июне до 12,4 мг О/дм³ в августе, что свидетельствует о преобладании стойкого органического вещества над легкоусвояемым за счет поверхностного смыва и процессов минерализации растительных остатков.

Для водоемов Якутии характерно малое содержание биогенных веществ. Низкое содержание азотных элементов в данном водоеме, возможно, связано с определенной технической подготовкой ложа перед затоплением, а также с потреблением азота фитопланктоном в теплое время года. Кроме того, невелико содержание фосфатов.

Содержание химических веществ (мг/дм³) в воде водохранилища Нерюнгринской ГРЭС (1993 и 2010 гг.)

Показатель	ПДК _{вр}	Точки отбора проб воды								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
		Август 1993 г.					Август 2010 г.			
рН	6,5–8,5	7,9	8,2	7,6	7,7	6,4	7,3	6,6	6,2	6,2
Кислород, мг О/дм ³	–	–	–	–	–	7,3	7,6	7,3	7,9	9,0
ПО, мг О/дм ³	–	13,0	10,9	9,4	8,6	–	–	–	–	–
НСО ₃ [–]	–	28,1	28,1	28,1	28,1	24,4	24,4	30,5	30,5	30,5
Жесткость, мл-моль/дм ³	–	0,6	0,57	0,61	0,76	0,63	0,57	0,59	0,6	0,59
Сухой остаток	1000,0	48,0	47,0	63,0	67,0	59,5	54,9	52,9	52,6	56,6
Са ²⁺	180,0	6,5	6,0	6,0	12,0	9,7	8,5	8,8	8,6	8,9
Мg ²⁺	40,0	3,4	8,3	3,8	1,9	1,9	1,8	1,9	2,1	1,8
Na ⁺	120,0	6,0	1,4	7,0	6,8	5,9	5,8	4,2	4,2	5,8
К ⁺	50,0	0,2	0,8	1,0	0,8	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	0,6
Сl [–]	300,0	2,9	3,3	3,4	3,5	5,7	5,7	5,7	5,7	6,4
SO ₄ ^{2–}	100,0	4,6	4,2	4,9	4,6	17,1	13,4	6,9	6,8	9,1
NH ₃ [–]	0,5	0,13	0,04	0,1	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.
NO ₂ [–]	0,08	Н. о.	0,006	0,001	0,001	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.
NO ₃ [–]	40,0	0,001	Н. о.	0,004	0,039	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.
PO ₄ ^{3–}	0,2	0,05	0	0	0,15	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.
Fe (общ.)	0,1	0,14	0,52	0,54	0,49	0,128	0,132	0,116	0,129	0,116
Mn	0,01	Н. о.	Н. о.	Н. о.	0,022	0,002	0,002	0,002	Н. о.	0,005
Нефтепродукты	0,05	0,18	0,06	Н. о.	Н. о.	1,34	1,73	0,83	0,6	0,0251
Фенолы	0,001	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
Cu	0,001	0,00071	0,00092	0,00093	0,00142	0,0034	0,0028	0,0024	0,003	0,0042

Примечание. Прочерк — нет данных; Н. о. — не обнаружено.

Наиболее значительны концентрации железа общего. Так, в 1993 г. его содержание составляло 3–4 ПДК_{вр} на поверхности и 12 ПДК_{вр} у дна, что говорит о напряженном газовом режиме и анаэробных условиях на дне водоема. В 2010 г. этот показатель уменьшился до 1,2–1,3 ПДК_{вр}.

В 1993 г. марганец присутствовал в точке отбора проб IV в пределах 2 ПДК_{вр}, что являлось показателем происходящих процессов разложения водных организмов, в особенности водорослей. В 2010 г. его содержание также уменьшилось и составило 0,002 мг/дм³, что соответствует нормативу.

Из загрязняющих веществ определено содержание нефтепродуктов, фенолов и СПАВ. Выявлено, что содержание нефтепродуктов превышает нормативы на протяжении длительного времени. Так, если в 1993 г. оно составляло 3–4 ПДК_{вр}, то в 2010 г. варьировало в пределах 0,03–1,73 мг/дм³, что также превышает ПДК_{вр}. Средняя концентрация нефтепродуктов — 18 ПДК_{вр}, максимальное превышение (35 ПДК_{вр}) зафиксировано в точке I.

Концентрация фенолов уменьшилась со временем: в 1993 г. она составляла 2–3 ПДК, а в 2010 г. колебалась от 0,001 до 0,002 мг/дм³. В четырех точках наблюдения отмечены превышения нормативов ПДК_{вр} по фенолам в среднем до 1,5 раза, максимальное выявленное превышение — 2 ПДК_{вр}. Содержание СПАВ не превышало нормативы.

Из микроэлементов в воде присутствовали медь (у рыбных понтонов — 14 ПДК_{вр}, на пляже — 18 ПДК_{вр}) и свинец (3 ПДК_{вр} в акватории). Содержание меди в 2010 г. варьировало от 0,0024 до 0,0042 мг/дм³, что превышает нормативы ПДК_{вр} в среднем в 3,2 раза (максимальное превышение составило 4,2 ПДК_{вр}). Надо сказать, что высокие концентрации железа общего, меди и марганца характерны в целом для водотоков Южной Якутии [2].

Гидрохимическое исследование донных отложений показало следующее. Водородный показатель в донных отложениях варьирует от 6,2 (слабокислая среда) до 8,5 (слабощелочная). Содержание органического углерода колеблется от 0,2 до 2,2 % массы органических веществ.

Нормативы предельно-допустимых концентраций для донных отложений в целом отсутствуют, поэтому для сравнения нами рассчитан локальный фон содержания тяжелых металлов в донных отложениях изученных водотоков. Так, определены следующие значения содержания тяжелых металлов: свинец — 1,75 мг/кг, никель — 0,41, марганец — 44,1, кадмий — 0,01, кобальт — 0,58, хром — 0,73, цинк — 2,57, медь — 1,71, мышьяк — 1,71, железо — 329,5 мг/кг [2]. Содержание нефтепродуктов варьирует в пределах от 0,009 до 0,2 мг/г, концентрация углеводородов составляет в среднем 0,07 мг/г. Локальный фон по нефтепродуктам в донных отложениях составляет 0,03 мг/г. Превышение локального фона до 1,8 раза зафиксировано в одной точке.

Гидробиологическая характеристика. Задачи комплексной эксплуатации водоемов, связанные с повышением их биологической и рыбохозяйственной продуктивности, представляют собой одну из практических задач гидробиологии [18]. Контроль качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям высокоприоритетен с точки зрения обеспечения возможности прямой оценки состояния водных экосистем, испытывающих вредное влияние антропогенных факторов [19]. Условия существования водных систем зависят от состояния зообентоса, зоо- и фитопланктона, но наиболее четко и надежно изменения водной среды за длительные периоды времени характеризует зообентос [20], являющийся главным компонентом кормовой базы рыб.

Основной задачей при изучении зообентоса стало определение качественного и количественного состава донных организмов, исходя из соответствия их экологического спектра условиям жизни в водохранилище. Исследования проводились в весеннее и летнее время на четырех станциях. Всего было собрано 12 качественных и количественных проб зообентоса. Качественный состав зообентоса представлен девятью систематическими группами: нематоды, олигохеты, пиявки, моллюски, поденки, веснянки, клещи, ручейники, хирономиды.

Донные организмы Нерюнгринского водохранилища расположены концентрическими поясами, представляющими собой осушаемую зону, мелководье с глубинами до 2 м и зону с глубинами свыше 5 м. Видовое разнообразие зообентоса закономерно уменьшается по мере продвижения от мелководных участков к глубинным. Выявлено, что разнообразие видового состава донных организмов находится в зависимости от типа грунтов — их физических свойств и количества органического вещества. Так, заселенность различных грунтов крайне неодинакова: наиболее разнообразен видовой состав донных организмов на заиленном песке с остатками растительности; меньше видов встречено на темно-сером иле с незначительным количеством растительных остатков, а наиболее бедна фауна на слегка заиленном мелком песке.

Количественные показатели макробентоса могут быть охарактеризованы как низкие: предельные значения биомассы за период наблюдения составили 0,4–2,294 г/м², плотность населения — 55–265 экз/м². Изменение численности и биомассы бентоса по сезонам определяется в первую очередь жизненными циклами массовых видов водных беспозвоночных.

Наибольшая биомасса и численность отмечены весной (1,71 г/м² и 212 экз/м² соответственно), минимальные — наблюдаются летом (0,68 г/м² и 108 экз/м²). Обогащение бентофауны происходит за счет гетеротопных животных, прежде всего личинок хирономид и ручейников, поэтому от особенностей жизненных циклов этих животных зависит ход сезонных изменений средних величин численности и биомассы макробентоса в целом.

На основании наших наблюдений можно сделать вывод, что кормовая база рыб-бентофагов (каarp, сазан, осетр, сиговые) ограничена личинками насекомых и моллюсками, олигохеты мало используются рыбами, так как зарываются в грунт. Доступность личинок насекомых обусловлена количеством вылетов и генераций, что в свою очередь зависит от термического режима водоема и климатических условий в целом.

Согласно практическим рекомендациям ихтиологов-рыбоводов, выращивание рыб-бентофагов возможно только при условии, что биомасса бентоса в водоеме превышает 4,2 г/м² [21]. Поскольку биомасса бентоса в Нерюнгринском водохранилище определена как низкая (0,4–2,294 г/м²), успешное выращивание рыб-бентофагов здесь невозможно без дополнительных мероприятий по увеличению их кормовой базы.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы дана оценка современного состояния воды Нерюнгринского водохранилища. По гидрохимическому составу вода очень мягкая, имеет малую минерализацию, нейтраль-

ную и слабощелочную среду. По химическому составу относится к гидрокарбонатному классу с преобладанием катиона кальция, по содержанию главных ионов находится в пределах допустимой концентрации.

Содержание биогенных элементов не превышает предельно-допустимых концентраций, кроме железа общего, величина которого превышает допустимые нормы в 4–5 раз. Концентрации фенолов и нефтепродуктов — загрязняющих веществ техногенного характера — превосходят допустимые пределы нормирования для водоемов рыбохозяйственного назначения. Также повышены концентрации в воде общего железа, меди, свинца и марганца, что обусловлено естественными причинами. Анализ изменения гидрохимического состояния воды в динамике позволяет утверждать, что с течением времени произошло уменьшение концентрации некоторых загрязняющих веществ и стабилизация химического состава воды водохранилища.

Изучение донных отложений водохранилища выявило небольшие превышения рыбохозяйственных нормативов по некоторым литофильным элементам, что свидетельствует об обогащении отложений кадмием, медью, цинком и элементами группы железа. Остальные микроэлементы находятся ниже предела обнаружения анализа.

В результате гидробиологических исследований выявлено, что качественный состав зообентоса представлен девятью систематическими группами. Количественные показатели макробентоса могут быть охарактеризованы как низкие. В связи с низкой биомассой бентоса и ограничением кормовой базы рыб-бентофагов личинками насекомых и моллюсками, их успешное выращивание в данном водоеме невозможно без дополнительных мероприятий по увеличению кормовой базы.

Итогом исследования стал вывод о том, что качество воды водохранилища Нерюнгринской ГРЭС пригодно для рыбохозяйственного и рекреационного использования по большинству гидрохимических показателей, кроме содержания нефтепродуктов, фенолов, свинца, железа и меди.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Государственный доклад** «Разработка проекта правил использования Нерюнгринского водохранилища». Кн. 2: Правила технической эксплуатации и благоустройства Нерюнгринского водохранилища [Электронный ресурс]. — http://lbvu.ykt.ru/files/PIVR%20PTEB/nerungri/ПТЭБ%20Нерюнгри_%201%20редакция.pdf (дата обращения 08.05.2015).
2. **Ксенофонтова М. И., Ябловская П. Е., Трофимова Л. Н.** Оценка современного состояния малых водотоков Южной Якутии // Междунар. журн. прикл. и фундам. исследований. — 2013. — № 8, ч. 2. — С. 135–139.
3. **ГОСТ Р 51592–2000.** Вода. Общие требования к отбору проб. — М.: Стандартинформ, 2000. — 48 с.
4. **ГОСТ 17.1.5.01–80.** Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. — М.: Изд-во стандартов, 1980. — 7 с.
5. **ГОСТ 17.1.5.05–85.** Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 12 с.
6. **Методы** исследования качества воды водоемов / Под ред. А. П. Шицкова. — М.: Медицина, 1990. — 400 с.
7. **М 01–43–2006.** Методика измерений массовой концентрации ртути в пробах природных, питьевых и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией модификаций МГА-915. — СПб.: Изд-во «Люмекс», 2006. — 42 с.
8. **ПНД Ф 14.1:2.4.157–99.** Методика измерений массовой концентрации хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза «Капель». — СПб.: Изд-во «Люмекс», 1999. — 30 с.
9. **ПНД Ф 14.1:2.4.167–2000.** Методика измерений массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, лития, магния, стронция, бария и кальция в пробах питьевых, природных (в том числе минеральных) и сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель». — СПб.: Изд-во «Люмекс», 2000. — 28 с.
10. **Абакумов В. Н.** Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. — Л.: Гидрометеиздат, 1983. — С. 21–28.
11. **Салова Т. А., Кириллов А. Ф., Ходулов В. В.** Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах. Зообентос: Учеб.-метод. пособие. — Якутск: НПО «ЭКОР», 2009. — 37 с.
12. **Определитель** пресноводных беспозвоночных европейской части СССР / Под ред. Л. А. Кутиковой, Я. И. Старобогатова. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 512 с.

13. **Определитель** пресноводных беспозвоночных России / Ред. С. Я. Цаполихина. — Л.: Изд-во Зоол. ин-та РАН, 1992—2001. — 522 с.
14. **Денисова А. И.** Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. — Киев: Наук. думка, 1979. — 292 с.
15. **Лабутина Т. М.** Формирование и прогнозирование гидрохимического режима водохранилищ Северо-Востока СССР. — Якутск: Изд-во Якут. фил. СО АН СССР, 1985. — 118 с.
16. **Николаева Н. А., Ксенофонтова М. А., Ноговицын Д. Д., Пинигин Д. Д.** Оценка гидрохимического состояния водных ресурсов угледобывающего комплекса Южной Якутии // *Успехи соврем. естествознания*. — 2011. — № 5. — С. 37–39.
17. **Алекин О. А.** Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометеоздат, 1953. — 295 с.
18. **Константинов А. С.** Общая гидробиология. 4-е изд. — М.: Высш. шк., 1986. — 472 с.
19. **Environmental Quality Objectives for Hazardous Substances in Aquatic Environment** / Eds. D. Schudoma. — Berlin: Umweltbundesamt, 2001. — 186 p.
20. **Беккер А. А., Агаев Т. Б.** Охрана и контроль загрязнения природной среды. — Л.: Гидрометеоздат, 1989. — 288 с.
21. **Козлов В. И., Абрамович Л. С.** Справочник рыбовода. — М.: Росагропромиздат, 1991. — 238 с.

Поступила в редакцию 11 июня 2015 г.
