

Journal of Siberian Federal University. Biology 3 (2014 7) 267-281

~ ~ ~

УДК 556.114(285.2)(1-924.81)

## **Hydrochemical Characteristic of the Temporary Water Bodies on the Catchment Area of Kharbeyskie Lakes (Bolshezemelskaya Tundra)**

**Ludmila G. Khokhlova\* and Elena B. Fefilova**

*Institute of Biology, Komi Scientific Centre, UB RAS  
28 Kommunisticheskaya Str., Syktyvkar, GSP-2, 167982, Russia*

Received 21.01.2014, received in revised form 13.03.2014, accepted 06.04.2014

*On the catchment area of Kharbeyskie Lakes (Bolshezemelskaya Tundra) in July-August 2009-2010 chemical composition of water of 41 temporary water bodies was investigated. Data on distribution of 28 hydrochemical factors in the drainage depending on morphological characteristics of the water bodies and their genesis were obtained. Water bodies with lowered pH, low-mineralization, hydrocarbonate and sulfate-calcium, sodium or potassium composition were revealed, among all microelements Fe, Mn, Cu, Zn prevailed. The majority of hydrochemical factors in the temporary water bodies varied in a wider range in comparison with those in lakes. Based on the acidity of water, the content of organic substance, concentration of Mn, Cu, Zn and Al the studied water bodies belonged to five groups.*

*Keywords: temporary water bodies, chemical composition of water, organic and biogenic substances, microelements.*

## **Гидрохимическая характеристика временных водоемов на водосборе Харбейских озер (Большеземельская тундра)**

**Л.Г. Хохлова, Е.Б. Фефилова**

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН  
Россия, 167982, ГСП-2, Сыктывкар, Коммунистическая, 28*

*На водосборе Харбейских озер (Большеземельская тундра) в июле–августе 2009-2010 гг. проведены исследования химического состава воды 41 временного водоема. В результате*

© Siberian Federal University. All rights reserved

\* Corresponding author E-mail address: [hohlova@ib.komisc.ru](mailto:hohlova@ib.komisc.ru)

*получены сведения о распределении 28 химических показателей в гидрографической сети в зависимости от морфологических характеристик водных объектов и их генезиса. Выявлено, что среди обследованных встречаются воды с пониженными рН, низкоминерализованные, гидрокарбонатно- и сульфатно-кальциевые, натриевые или калиевые, среди микроэлементов преобладают Fe, Mn, Cu, Zn. Большинство гидрохимических показателей в мелких водных объектах варьировали по сравнению с таковыми в озерах в более широком диапазоне. По результатам кластерного анализа кислотности воды, содержания органического вещества, концентраций Mn, Cu, Zn и Al изученные временные водоемы были разделены на пять групп.*

*Ключевые слова: временные (эпизодические) водоемы, химический состав воды, органические и биогенные вещества, микроэлементы.*

---

## **Введение**

Несмотря на то что временные (эпизодические) водоемы широко распространены во всем мире, содержат большой запас пресной воды и занимают существенное место в формировании ландшафтов разных природных зон, они обделены пока вниманием водных наук (гидрологии, гидрохимии). А вот научный интерес гидробиологов к этим экосистемам появился уже давно и неуклонно возрастает благодаря пониманию роли их биоты в формировании глобального биоразнообразия (Вехов, 1980; Williams, 2006). Главной характерной особенностью временных водоемов является их циклическое пересыхание или, в высоких широтах, промерзание до дна. Химический состав воды этих водных объектов формируется в вышеназванных специфических гидрологических условиях под влиянием региональных геологических, геоморфологических, климатических особенностей и биологических факторов.

В последние десятилетия немаловажную роль в функционировании водных экосистем особенно высоких широт играет изменение их температурного режима вследствие потепления климата (Панин и др., 2009). Каким образом при этом процессе изменяется химический состав поверхностных континентальных вод различных регионов, пока изучено

слабо (Хубларян, Моисеенко, 2009). В сравнении с постоянными водными объектами во временных наблюдается более высокая подвижность ингредиентов в течение короткого периода, и это дает возможность рассматривать их как модельные объекты при изучении экосистемных процессов и глобальных изменений (Williams, 2006). Участвуя в образовании гидрографической сети водосбора крупных рек и озер, временные водоемы осуществляют миграцию и сток аллохтонного вещества (Кузнецов, Быстров, 1994; Струкова, 1994; Хубларян, Моисеенко, 2009).

Большеземельская тундра представляет собой слабохолмистую заболоченную равнину, испещренную множеством мелких безрыбных водоемов и водотоков. Образованию их способствует в том числе наличие в почве на небольшой глубине многолетней мерзлоты, которая препятствует просачиванию в подпочвенные слои атмосферных осадков (Мажитова, Каверин, 2007) и ограничивает сток с водосбора в озера, образуя криогенные барьеры (Струкова, 1994; Максимова, Оспенников, 2012; Осадчая, Зенгина, 2012). Согласно данным Л.П. Голдиной (1972), на сток с водосбора приходится полученная расчетным путем большая часть (около 50 %) приходной части водного баланса Харбейских озер. В основе формирования химического состава поверх-

ностных вод Большеземельской тундры лежит питание их талыми снеговыми водами с резко выраженным пиком весеннего половодья, дождевыми осадками летне-осеннего периода. Наименьшее участие в питании этих водоемов принимают грунтовые воды (Власова, 1976; Даувальтер, Хлопцева, 2008).

Цель наших исследований: выявить химический состав воды временных водоемов Большеземельской тундры на водосборной площади Харбейских озер, определить региональные особенности его формирования и связь с составом воды в озерах.

### Материалы и методы

Исследования химического состава воды стоячих временных водоемов проводились на водосборной площади Харбейских озер, расположенных в восточной части Большеземельской тундры, в так называемой Воркутинской тундре (созвучно названию ближайшего населенного пункта – г. Воркуты) (Фефилова и др., 2014). Пробы воды были отобраны из 41 водного объекта в дневное время 1, 2 августа 2009 г. и 29, 30 июля 2010 г. В 2009 г. обследовано 27 водоемов (1 августа – водоемы 1-10, 2 августа – водоемы 11-27), расположенных на северо-восточном берегу оз. Большой Харбей, в 2010 г. – два водоема на северо-восточном берегу оз. Большой Харбей (водоемы 1(10) и 2(10)) и 12 водоемов – на его северо-западном берегу (водоемы 3(10)-14(10)) (Fefilova et., 2013). В 2010 г. 29 июля отобраны пробы из водоемов 1(10)-8(10), 30 июля – пробы из водоемов 9(10)-14(10).

Пробы воды (по одной из каждого водоема) отбирали в полиэтиленовые и стеклянные флаконы. При глубине водоема 0,2 м и более пробы отбирали, погружая флаконы целиком в воду. При меньшей глубине воду зачерпывали вместе с взвесью почвы и растительностью, процеживали через мельничный газ (с

размером ячеек 80 мкм) и затем переливали во флаконы для проб. В полевых условиях измеряли температуру воды, содержание растворенного в воде кислорода, удельную электропроводность и pH портативным анализатором Multi 340i/SET (Германия). В лабораторных условиях было определено 28 гидрохимических показателей (табл.). Определение макро- и микроэлементов, биогенных и органических веществ проводили в аккредитованной экоаналитической лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН с использованием аттестованных методик количественного химического анализа природной воды (ПНД Ф 14.1:2:4.135-98; ПНД Ф 14.1:2:4.154-99; ПНД Ф 14.1:2:4.190-03; РД 52.24.405-2005; РД 52.24.497-2005; ГОСТ Р 52963-2008; РД 52.24.486-2009; Методика измерений..., 2013).

Для классификации обследованных временных водоемов (ВРВ) по химическому составу воды проведен кластерный анализ характеризующих их гидрохимических параметров: минерализации, цветности, pH, насыщения воды растворенным кислородом, ХПК и концентрации соединений Fe, Cu, Mn, Zn. Анализируемые показатели выбраны как наименее подверженные суточным и сезонным колебаниям в мелких водоемах (кроме содержания растворенного кислорода) (Williams, 2006). Для выполнения анализа применяли метод среднего присоединения, значения показателей преобразовывались исчислением квадратного корня. В качестве меры различия между кластерами использовали нормированное евклидово расстояние. Обработку материала проводили и кластерную дендрограмму строили с использованием пакета программ «PRIMER, version 5».

Коэффициенты корреляции рассчитывали с применением компьютерной программы Microsoft Excel для Windows7.

## Результаты

Водосбор Харбейских озер представляет собой заболоченную бугристую тундру, сочетающую мерзлые торфяные бугры с увлажненными межбугорными понижениями. Такой ландшафт насыщен водоемами, которые образуют сложную гидрографическую сеть, осуществляющую сток с болота (Усова, 2009; Батуев, 2012). Обследованные нами ВРВ по их месту в генетической цепочке водостока в гидрографической сети представляют собой

ложбины, топи, западины и озерки (Батуев, 2012), а также вторичные водные объекты, образованные в понижениях моховой поверхности мочажины. Они различались по визуальным классификационным элементам: составу растительных ассоциаций, размеру, форме, наличию свободной водной поверхности и т.д. Прибрежная и водная растительность ВРВ была представлена осоками, пушицей, мхами, лишайниками, карликовой березкой в различных соотношениях (рис. 1). В некото-

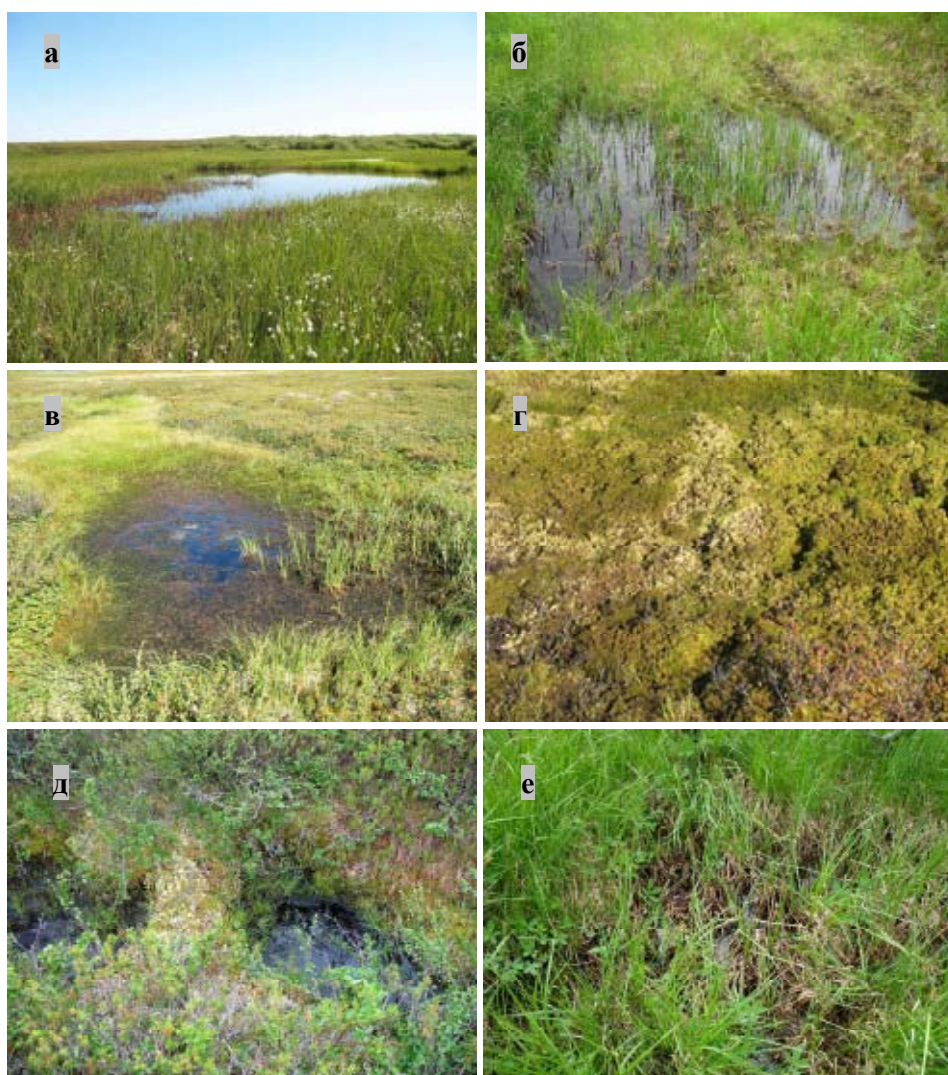


Рис. 1. Обследованные водоемы: а – 1, б – 3(10), в – 11, г – 19, д – 4(10), е – 6(10). Большеземельская тундра, 1.08.2009, 29.07.2010

рых озерах с относительно большой по площади водной поверхностью присутствовали сплавины из мха или заросли плавающих на поверхности рдестов. Площадь зеркала изученных ВРВ составляла от 0,04 до 400 м<sup>2</sup>. Встречались водные объекты, не имеющие свободную водную поверхность (рис. 1г) или четкие ее очертания (рис. 1е). Топкое дно, покрытое слоем ила или мхами, не всегда позволяло измерить глубину водоемов.

Температура воды была выше в водоемах, обследованных в 2009 г., она колебалась в пределах 13,5-25,2 °С, а в 2010 г. составляла 7,2-18,3 °С. Интересно, что как наиболее низкие (до 10 °С в 2010 г.), так и наиболее высокие температуры (выше 20 °С в 2009 г.) зарегистрированы во вторичных по происхождению ВРВ, расположенных на склонах торфяных бугров: западинах и мочажинах с наименьшей по площади водной поверхностью (0-5 м<sup>2</sup>), озерах, образованных колеями вездеходных дорог. Причина специфичности температурных условий в этих водоемах может быть связана с термическими свойствами торфяных залежей, которые выстилают их ложа (Батуев, 2012).

Водные объекты, расположенные на водосборе Харбейских озер, заметно отличались по содержанию и соотношению ингредиентов, формирующих химический состав воды (табл.). Растворенный в воде кислород колебался в самых широких пределах, но в большинстве случаев наблюдался его дефицит, наиболее заметный в более холодном 2010 г. Коэффициент корреляции температуры воды и концентрации кислорода в водоемах составил 0,51 (число пар  $n = 41$ ,  $p < 0.001$ ), отразив умеренную положительную связь между двумя этими показателями.

Реакция водной среды изменялась от кислой до нейтральной. Согласно классификации О.А. Алекина (Никаноров и др., 1989), ВРВ

относились к водам с очень малой или малой минерализацией. По составу доминирующих ионов большинство водоемов принадлежало к гидрокарбонатно-кальциевым, водоем 8 – к гидрокарбонатно-натриевым. Несколько ВРВ (10-13, 19) с кислой реакцией вод ввиду отсутствия ионов  $\text{HCO}_3^-$  относились к сульфатно-кальциевым или сульфатно-калиевым. Показатели цветности, бихроматной (ХПК) и перманганатной окисляемости (ПО) во ВРВ свидетельствовали о разной степени насыщения воды органическим веществом, в том числе гумусового происхождения (табл.). Фосфор в большинстве водоемов содержался в минимальных количествах, повышение его концентрации наблюдалось в насыщенных органическим веществом водах. Аммонийный азот, как правило, отсутствовал, однако максимально высокое его содержание отмечено в моховых водоемах.

Широкий разброс концентраций в воде определен для соединений Fe, Mn, Cu, Zn и Al. Наиболее высокое содержание этих ингредиентов было обнаружено во ВРВ, обогащенных гумусовым органическим веществом. Концентрации соединений кремния в обследованных водоемах варьировали в диапазоне от 0,03 до 8,0 мг/дм<sup>3</sup> (табл.). Присутствуя в виде мономеров и димеров кремниевой кислоты, содержание его в замкнутых северных водоемах действительно изменяется в широких пределах – от десятков долей мг до 10 мг/дм<sup>3</sup>. Более высокие концентрации соединений кремния, как правило, встречаются в речных водах и проточных водоемах (Лозовик, 1998).

Содержание в воде  $N_{\text{общ}}$  изменялось в различных ВРВ от очень низкого до очень высокого и соответствовало уровням трофности (для озер) от олиготрофного до гиперэвтрофного, причем преобладали ВРВ с повышенным содержанием  $N_{\text{общ}}$ . К олиготрофным, согласно некоторым классификациям, ис-

Таблица. Физико-химические характеристики воды во временных водоемах водосбора Харбейских озер

Показатель	Водоемы	Минимум	Максимум	Среднее
Температура воды у дна, °С	Все	7,2	25,2	17,4 ± 0,7 (n = 41)
pH	Все	3,8	7,0	5,5 ± 0,1 (n = 41)
Электропроводность, $\mu\text{S}/\text{cm}$	1, 2, 4-27, 1(10)-14(10)	14	245	62 ± 8 (n = 40)
Концентрация растворенного кислорода, мг/л	Все	0,4	11,0	5,2 ± 0,4 (n = 41)
— « — , %	Все	9,3	119,0	57,8 ± 4,9 (n = 41)
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	1-8, 10-13, 15-23, 26, 27, 4(10)-6(10), 10(10)-12(10), 14 (10)	20	1900	276 ± 82 (n = 30)
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	Все	7,4	187,9	43,7 ± 6,7 (n = 41)
$\text{HCO}_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	Все	0	156	29 ± 6 (n = 41)
$\text{SO}_4^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	Все	0,8	11,6	3,5 ± 0,4 (n = 41)
$\text{Cl}^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	Все	0,5	2,6	1,1 ± 0,1 (n = 41)
Ca, мг/дм <sup>3</sup>	Все	0,7	31,2	6,5 ± 1,0 (n = 41)
Mg, мг/дм <sup>3</sup>	Все	0,4	7,7	1,9 ± 0,3 (n = 41)
Na, мг/дм <sup>3</sup>	Все	0,2	5,5	1,5 ± 0,2 (n = 41)
K, мг/дм <sup>3</sup>	Все	0	6,5	0,5 ± 0,2 (n = 41)
Цветность, град.	Все	64	1545	415 ± 58 (n = 41)
Жесткость, ммоль/дм <sup>3</sup>	1-27	0,1	2,2	0,6 ± 0,1 (n = 27)
Перманганатная окисляемость, мг/дм <sup>3</sup>	1(10)-14(10)	12,5	95,0	38,4 ± 6,8 (n = 14)
ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	Все	19	460	106 ± 13 (n = 41)
БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	1-27	1,6	43,2	8,4 ± 1,9 (n = 27)
$\text{P}_{\text{общ}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	Все	0	5,1	0,2 ± 0,1 (n = 41)
$\text{NO}_2^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	1-27	0	3,20	0,16 ± 0, 12 (n = 27)
$\text{NO}_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	1-27	0	3,0	0,3 ± 0,1 (n = 27)
$\text{NH}_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	Все	0	5,3	0,9 ± 0,2 (n = 41)
$\text{N}_{\text{общ}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	1-27	0,5	10,9	3,2 ± 0,6 (n = 27)
Fe, мг/дм <sup>3</sup>	Все	0	5,6	1,2 ± 0,2 (n = 41)
Si, мг/дм <sup>3</sup>	Все	0,03	8,00	1,30 ± 0,30 (n = 41)
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	Все	0,7	1250,0	102,2 ± 35,6 (n = 41)
Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	Все	0	16,0	1,6 ± 0,4 (n = 41)
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	Все	2,3	820,0	58,6 ± 23,4 (n = 41)
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	1-27	0	1,00	0,12 ± 0,05 (n = 27)
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	1-27	0	870,0	186,8 ± 42,0 (n = 27)
Cr, мкг/дм <sup>3</sup>	1-27	0,2	6,9	1,0 ± 0,2 (n = 27)
Фенолы, мкг/дм <sup>3</sup>	1-18, 20-27	0,15	6,20	1,30 ± 0,34 (n = 26)

Примечание: n – число анализируемых проб.

пользуемым для озер (Китаев, 2007), можно отнести только водоемы 1 и 5 (озерки).

В целом, по гидрохимической оценке обследованные водные объекты характеризовались как низкоминерализованные, преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые, кислые или нейтральные.

В результате кластерного анализа распределения в изученных ВРВ гидрохимических показателей выделено пять групп (рис. 2).

Первый кластер образовал один водный объект – водоем 19. Это специфический ВРВ и

по морфологическим характеристикам – западина без открытой водной поверхности, представляющая собой переувлажненные моховые заросли (рис. 1). Удерживающаяся в них вода характеризуется  $pH=4,2$ , высокими значениями цветности (рис. 3) и наибольшими для обследованных ВРВ показателями ХПК (рис. 4) и БПК<sub>5</sub>, концентрациями  $P_{общ.}$ ,  $N_{общ.}$ , Mn, Zn, Si, Cu, Al и Cr (табл., рис. 5, 6), а также сульфатно-калиевым составом по преобладающим ионам. Водоем 19 по содержанию биогенных веществ оценивался как гиперэв-

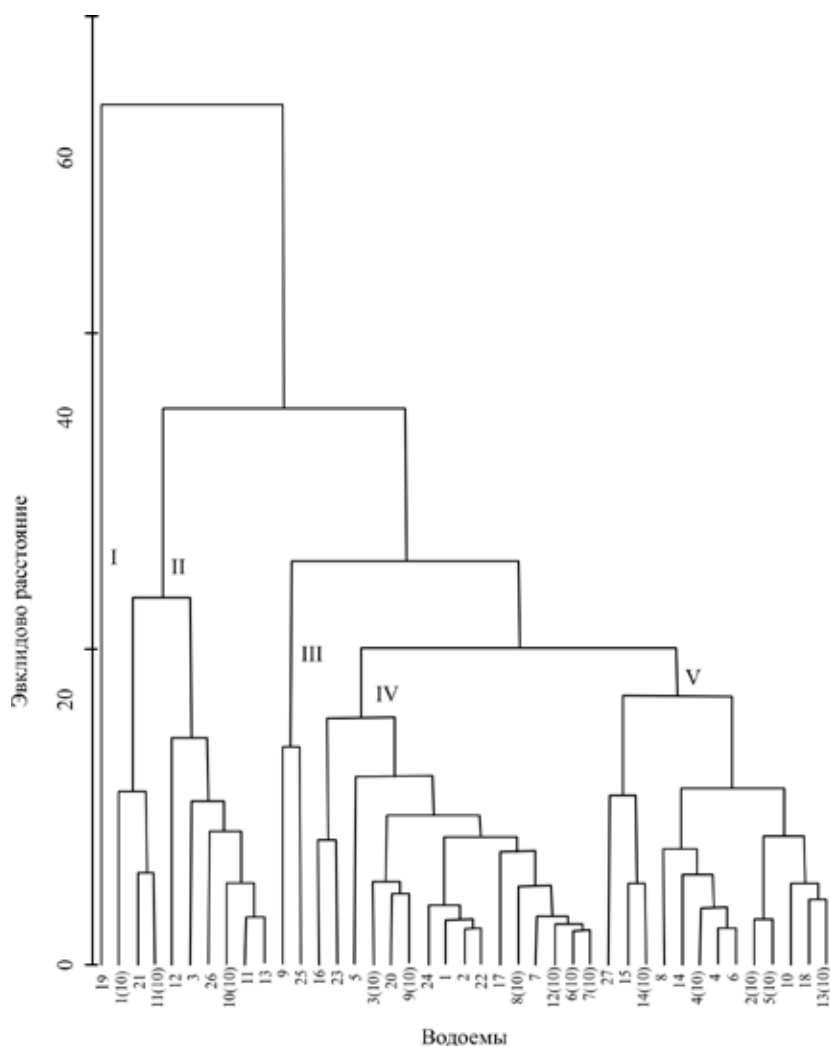


Рис. 2. Кластерный анализ химического состава воды временных водоемов на водосборе Харбейских озер, 1, 2 августа 2009 г. и 29, 30 июля 2010 г. I–V – номера кластеров

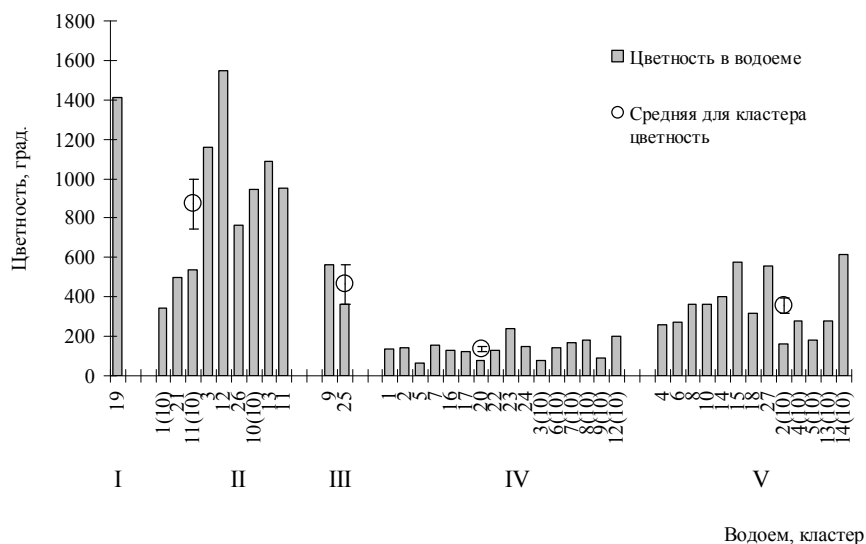


Рис. 3. Цветность воды в обследованных временных водоемах водосборной площади Харбейских озер Большеземельской тундры, 1, 2 августа 2009 г. и 29, 30 июля 2010 г. Номера кластеров – см. рис. 2

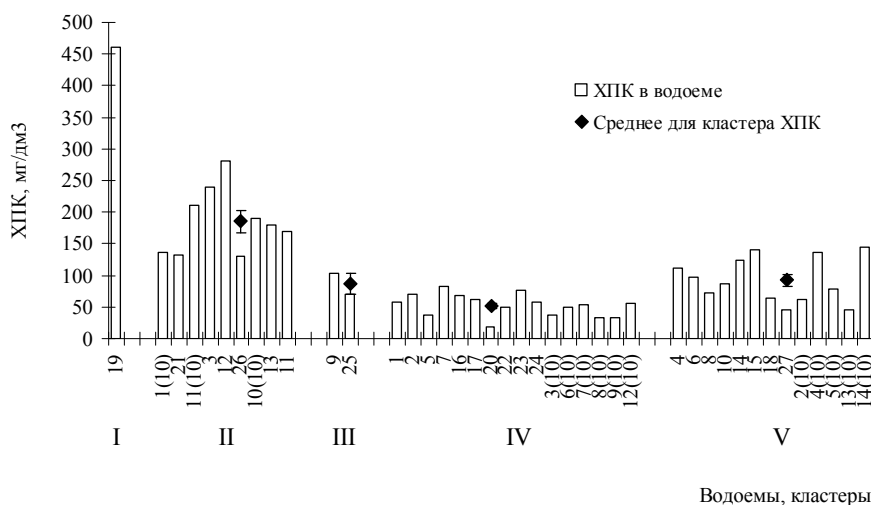


Рис. 4. ХПК в обследованных временных водоемах водосборной площади Харбейских озер Большеземельской тундры, 1, 2 августа 2009 г. и 29, 30 июля 2010 г. Номера кластеров – см. рис. 2

трофный (по шкале оценки уровня трофности озер (Китаев, 2007)).

Во второй кластер (рис. 2) объединились также очень мелкие водоемы с небольшой площадью свободной водной поверхности (до 25 м<sup>2</sup>) или сильно увлажненные западины без открытой воды, вероятно, вторичные по про-

исхождению, расположенные на торфяных буграх. В семи из девяти этих водоемов преобладающей растительностью являлись мхи, в двух других макрофиты представлены исключительно осокой. В кластер II вошли ВРВ с наименьшими значениями рН (< 4) – водоемы 11, 10 (10) и 11(10), и водоемы с рН от 4,0 до



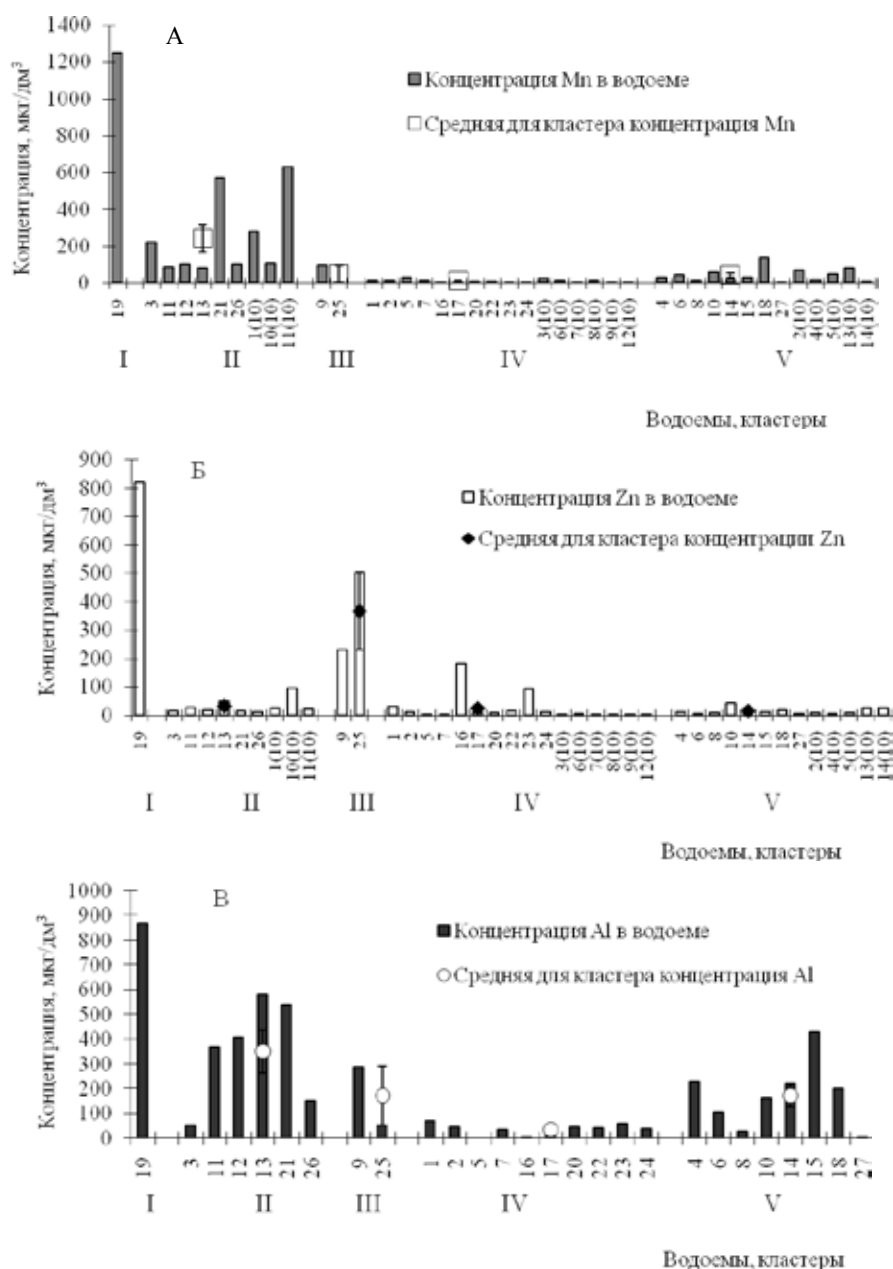


Рис. 5. Концентрации металлов Mn (А), Zn (Б) и Al (В) в обследованных временных водоемах водосборной площади Харьейских озер Большеземельской тундры, 1, 2 августа 2009 г. и 29, 30 июля 2010 г. (А, Б), 1, 2 августа 2009 г. (В). Номера кластеров – см. рис. 2

6,5. Общими для ВРВ из кластера II оказались повышенные значения цветности (рис. 3), ХПК (рис. 4) и концентрации Mn (рис. 5А). По составу главных ионов воды этих ВРВ относились к гидрокарбонатно- или сульфатно-кальциевым.

В третий кластер вошли два водоема (рис. 2): озерко с зарослями осоки по берегам (водоем 9) и мочажина глубиной 0,2 м (водоем 25), представляющая собой часть пересохшей в нескольких местах ложбины, с зарослями осоки и пушицы (к ней относились также во-

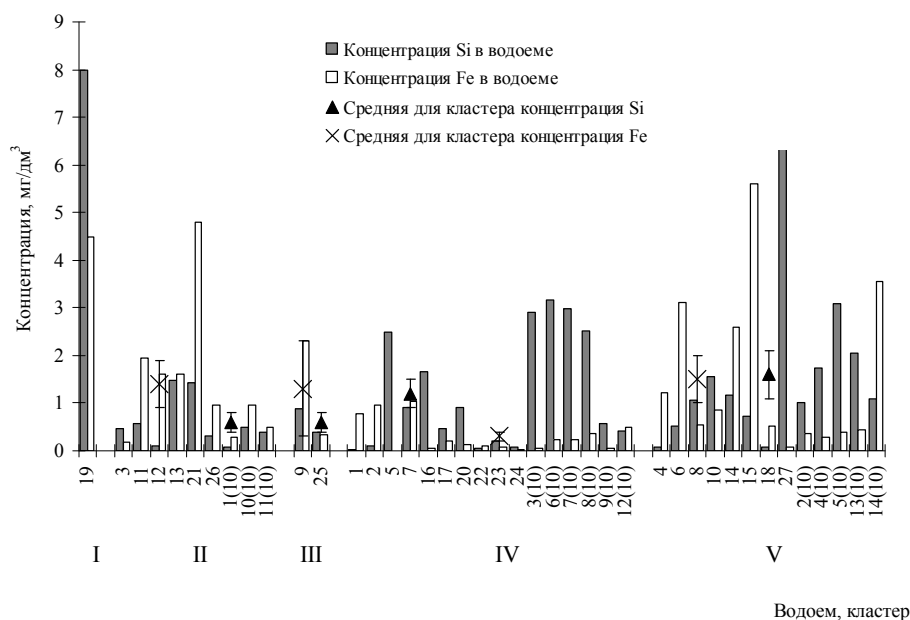


Рис. 6. Концентрации элементов Si и Fe в обследованных временных водоемах водосборной площади Харьейских озер Большеземельской тундры, 1, 2 августа 2009 г. и 29, 30 июля 2010 г. Номера кластеров – см. рис. 2

доемы 24, 26, 27). Химический состав воды этих объектов характеризовался повышенным содержанием соединений Zn (рис. 5Б), в то время как по остальным показателям водоемы, вошедшие в кластер II, не отличались от всех обследованных (рис. 3, 4, 5А, 5В).

По морфологическим характеристикам, составу преобладающей растительности и, скорее всего, генезису ВРВ, вошедшие в кластеры IV и V, относились к различным типам.

Кластер IV объединил водные объекты с рН от 5,5 до 7,0. Их воды характеризовались низкими значениями цветности (рис. 3), ХПК (рис. 4) и Mn, Zn, Al (рис. 5). Только водоемы этого кластера (1, 5, 17) отличались массовыми концентрациями общего азота меньше 1 мг/дм<sup>3</sup>. В остальных ВРВ этот показатель был выше 1 мг/дм<sup>3</sup>.

Наконец, в кластер V вошли ВРВ, занимающие промежуточное положение по некоторым гидрохимическим характеристикам

по отношению к кластерам II и IV: цветности (рис. 3), ХПК (рис. 4), концентрациям Mn (рис. 5А) и Al (рис. 5В). Значения рН во ВРВ из кластера V колебались в пределах 4,1-6,5 и соответствовали показателям слабокислых или кислых вод.

Таким образом, группирование мелких водных объектов на водосборе Харьейских озер произошло по различным химическим характеристикам воды, но в основном по рН, цветности, ХПК и содержанию Mn, Cu и Zn.

### Обсуждение

На территории Большеземельской тундры был изучен химический состав вод более 200 озер (Власова, 1976; Дробкова, Быстров, 1994; Хохлова, 1994, 1996, 2002; Даувальтер, Хлопцева, 2008; Батурина и др., 2012; Хохлова, 2014 и др.). В результате обследования выявлены общие региональные характеристики химического состава поверхностных вод, которые обусловлены, прежде всего,

природными факторами: климатическими и почвенными условиями, морфологическими параметрами, особенностями питания водоемов и биохимическими процессами. Озерам Большеземельской тундры присуще высокое и благоприятное для гидробионтов содержание растворенного в воде кислорода, низкая минерализация, преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый состав. Участием торфосодержащих оподзоленных почв в формировании химического состава болотных вод, которые, в свою очередь, питают тундровые поверхностные водоемы, объясняется наличие в них органических и биогенных веществ и доминирующая роль соединений кальция, магния, гидрокарбонат-иона (Атлас почв Республики Коми, 2010).

Воды озер Харбейской системы являлись более однородными по химическому составу (Батурина и др., 2012; Хохлова, 2014), чем временные водоемы на водосборе этих озер в сходные сроки исследований. Минерализация воды в Харбейских озерах была стабильно очень малой, значение рН варьировало от 6,3 до 7,4, содержание растворенного кислорода было высоким (Батурина и др., 2012; Хохлова, 2014). Среди главных ионов по всей акватории больших озер, обследованных в тот же период, что и мелкие водоемы, расположенные на их водосборе, в воде доминировали гидрокарбонатные анионы и катионы кальция. В более ранние годы изучения Харбейских озер иногда наблюдался гидрокарбонатно-натриевый, сульфатно-натриевый, сульфатно-гидрокарбонатно-натриевый или гидрокарбонатно-кальциево-натриевый состав воды (Власова, 1976). Гидрокарбонатно-натриевый состав вод Харбейских озер и временных водоемов на их водосборе обусловлен влиянием участвующих в их питании подземных вод, где преобладают гидрокарбонат-ионы и ионы натрия.

Основным источником сульфатов в водных объектах Большеземельской тундры, особенно мелких, является разлагающийся биологический материал (Власова, 1976).

Значения минерализации и удельной электропроводности в мелких водоемах превышали таковые характерные для воды озер Большеземельской тундры (Власова, 1976; Драбкова, Быстров, 1994; Батурина и др., 2012; Хохлова, 2014). Одной из причин этого повышения может быть влияние близко расположенных (выклинивание) грунтовых вод (Зверева и др., 1966; Драбкова, Быстров, 1994). Но и особенности динамики гидрологических показателей временных водоемов, связанные с их пересыханием и промерзанием, очевидно, влияют на концентрации химических компонентов и их соотношения (Williams, 2006).

Широкий диапазон содержания растворенного кислорода в обследованных временных водоемах мог быть обусловлен варьированием интенсивности биохимических процессов под воздействием различных температурных условий. Не исключено, что в условиях контакта с многолетнемерзлыми породами и невысокими температурами воды, зафиксированными в более холодный год или в отдельных водоемах, интенсивность фотосинтеза была замедлена и уровень продуктивности экосистем снижен (Власова, 1976). Процессы же, в противоположность фотосинтезу уменьшающие содержание растворенного в воде кислорода, происходят в водоемах непрерывно. Это, например, биохимическое окисление отмершего планктона (Sposito, 1989), обилие которого в мелких тундровых водоемах может достигать существенных величин (Fefilova et al, 2013).

Пониженное содержание фосфора является обычным явлением для поверхностных вод Большеземельской тундры (Власова, 1976,

Хохлова, 2002). Как правило, при низких значениях pH почвенных растворов фосфор обладает высокой подвижностью и относительно легко вымывается из них поверхностным и внутрпочвенным стоком, определяя высокие концентрации в воде мелких временных водоемов (Кузнецов, Быстров, 1994). В обследованных ВРВ динамика содержания фосфора обусловлена потреблением его фотосинтезирующими планктонными организмами и водорослями (Лозовик, 1998; Стенина и др., 2010).

Отсутствие или невысокое содержание всех форм азота наблюдалось в водоемах с пониженным содержанием гумусового органического вещества, возможно, по причине того, что нитрификация не идет в анаэробных условиях, а нитраты являются наиболее усвояемой организмами формой азота (Лозовик, 1998). В обогащенных гумусовым органическим веществом водоемах аммонийный азот присутствовал практически всегда. Микроэлементы Fe, Mn, Cu, Zn в какой-то степени отображают специфику поверхностных вод Большеземельской тундры, поскольку содержание их колебалось в широком диапазоне. Возрастание концентраций этих микроэлементов наиболее характерно для гумифицированных вод с кислой реакцией среды и недостатком кислорода (Еременко, 1969, Лозовик, 1998). Содержание соединений Si большей частью было невысоким, и это часто наблюдается в стоячих тундровых водоемах. В летнее время понижению этого показателя способствует интенсивное развитие диатомовых водорослей (Стенина и др., 2010).

Повышение концентрации фенолов наблюдалось лишь в нескольких водоемах, а насыщение поверхностных вод фенольными соединениями, как правило, происходит под влиянием болотных вод (Стенина и др., 2010).

Регион наших гидрохимических исследований расположен в гумидной зоне. Прогнозирование влияния трансграничных потоков загрязняющих веществ, вызывающих глобальные преобразования окружающей среды, на качество поверхностных вод этой зоны в основном связано с закислением водной среды (Хубларян, Моисеенко, 2009), поскольку оно влечет за собой существенное изменение большинства химических составляющих обследованных водоемов. Исследования по влиянию изменения климата на химический состав воды находятся на предварительной стадии, однако уже понятно, что это влияние очень специфично для зоны тундр (Хубларян, Моисеенко, 2009), и это понимание открывает дополнительные перспективы гидрохимических исследований в регионах высоких широт.

### Заключение

Химический состав воды мелких временных водоемов, образующих гидрографическую сеть заболоченного водосбора Харбейских озер (Большеземельская тундра), от самих озер отличается большей вариабельностью по ряду показателей и ингредиентов. В широких пределах изменялись концентрация растворенного кислорода, состав основных ионов, среди которых доминировали гидрокарбонатные или сульфатные анионы, содержание биогенных и органических веществ, микроэлементов (Fe, Mn, Cu, Zn). Общими для обследованных вод были низкая минерализация в пределах очень малой и малой, кислая или нейтральная реакция водной среды.

Строгой связи химического состава вод временных водоемов Большеземельской тундры с их морфологическими характеристиками и составом преобладающей растительности не обнаружено. По химическим показателям водоемы относились к пяти

группам, из которых наибольшей морфологической однородностью отличалась группа наиболее мелких, вероятно, вторичных по генезису водоемов. Гидрохимическое разнообразие мелких водоемов Большеземельской тундры позволяет рассматривать их как модельные объекты при изучении экосистемных процессов и глобальных изменений. На основании представленного материала можно предположить, что доминирующая роль в формировании химического состава их вод принадлежит природным факторам.

### Благодарности

Авторы признательны сотрудникам экоаналитической лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН за определение химического состава воды гидрохимических проб. Результаты полу-

чены в рамках проектов фундаментальных исследований, выполняемых совместно организациями УрО и СО РАН: «Влияние глобального изменения температуры на биохимическое качество водных беспозвоночных как кормовой базы рыб» (№ 12-С-4-1011)», при поддержке грантов РФФИ: «Структурная организация растительного покрова водоёмов Европейского Северо-Востока России: широтный аспект» (10-04-01562-а), «Оценка потенциального воздействия изменения климата на таксономическую структуру и биохимический состав зоопланктона тундровых и горных озер» (11-05-00246-а) и проекта УрО РАН «Оценка экологического состояния горных и равнинных водоемов Полярного Урала и Большеземельской тундры, прогноз их изменения в условиях интенсивного промышленного освоения» (12-4-7-004-АРКТИКА).

### Список литературы

1. Атлас почв Республики Коми (2010) Добровольский В.Г., Таскаев А.И., Забоева И.В. (ред.). Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 356 с.
2. Батуев В.И. (2012) Формирование стока с бугристых болот (на примере Западной Сибири). Вестник ТТПУ 7 (122): 146-152.
3. Батурина М.А., Лоскутова О.А., Фефилова Е.Б., Хохлова Л.Г. (2012) Зообентос озера Большой Харбей (Большеземельская тундра): современное состояние и анализ ретроспективных данных. Известия Коми научного центра УрО РАН 4 (12): 21-29.
4. Вехов Н.В. (1980) Биология веслоногих ракообразных тундровых водоемов. Биолог. науки 2: 44-47.
5. Власова Т.А. (1976) Гидрологические и гидрохимические условия биологического продуцирования в озерах Харбейской системы. В: Винберг Г.Г., Власова Т.А. (ред.) Продуктивность озер восточной части Большеземельской тундры. Л.: Наука, с. 6-26.
6. Голдина Л.П. (1972) География озер Большеземельской тундры. Л.: Наука, 101 с.
7. ГОСТ Р 52963-2008 Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов (2009) М.: Стандартинформ, 20 с.
8. Даувальтер В.А., Хлопцева Е.В. (2008) Гидрологические и гидрохимические особенности озер Большеземельской тундры. Вестник МГТУ 11(3): 407-414.
9. Дробкова В.Г., Быстров С.П. (1994) Гидрохимическая характеристика озер. В: Дробкова В.Г., Трифонова И.С. (ред.) Особенности структуры экосистем озер Крайнего Севера. СПб.: Наука, с. 48-65.

10. Еременко В.Я. (1969) Спектрографическое определение микроэлементов (тяжелых металлов) в природных водах. Л.: Гидрометеиздат, 108 с.
11. Зверева О.С., Власова Т.А., Голдина Л.П. (1966) Вашуткины озера и история их исследования. В: Гидалевич А.М., Чернякова М.Т. (ред.) Гидробиологическое изучение и рыбохозяйственное освоение озер Крайнего Севера СССР. М.: Наука, с. 4-21.
12. Китаев С.П. (2007) Основы лимнологии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 395 с.
13. Кузнецов В.К., Быстров С.П. (1994) Формирование стока биогенных веществ и их поступление в озеро. В: Драбкова В.Г., Трифонова И.С. (ред.) Особенности структуры экосистем озер Крайнего Севера. СПб.: Наука, с. 43-48.
14. Лозовик П.А. (1998) Оценка качества воды, степени загрязнения и трофического состояния водоемов по химическим показателям. В: Филатов Н.Н., Куликова Т.П., Лозовик П.А. (ред.) Современное состояние водных объектов Республики Карелия. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, с. 20-23.
15. Мажитова Г.Г., Каверин Д.А. (2007) Динамика глубины сезонного протаивания и осадки поверхности почвы на площадке циркумполярного мониторинга деятельного слоя (CALM) в европейской части России. Криосфера Земли 11 (4): 20-30.
16. Методика измерений № 88-17641-006-2013 (ФР.1.31.2013.15054) (2013) Воды. Методика измерений массовой концентрации фенола методом капиллярной газовой хроматографии. 28 с.
17. Никаноров А.М., Тарасов М.Г., Федоров Ю.А. (1989) Краткие сведения о составе и свойствах воды. В: Никаноров А.М. (ред.) Справочник по гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, с. 5-39.
18. Осадчая Г.Г., Зенгина Т.Ю. (2012) Возможности сбалансированного использования биосферного и ресурсного потенциала Большеземельской тундры. Криосфера Земли 16 (2): 43-51.
19. Панин Г.Н., Соломонова И.В., Выручалкина Т.Ю. (2009) Климатические тенденции в средних и высоких широтах северного полушария. Водные ресурсы 36 (6): 743-756.
20. ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003 (2007) Количественный химический анализ вод. Методика определения бихроматной окисляемости (химического потребления кислорода) в пробах природных, питьевых и сточных вод фотометрическим методом с применением анализатора жидкости «Флюорат-02». СПб.: ООО «Люмэкс», 26 с.
21. ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 (2008) Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. СПб.: ЗАО «ЦИКВ», 27 с.
22. ПНД Ф 14.1:2:4.154-99 (2012) Количественный химический анализ вод. Методика измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом. М.: ЗАО «РОСА», 12 с.
23. РД 52.24.486-2009 (2005) Массовая концентрация аммиака и ионов аммония в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего. Ростов-на-Дону: ГУ «Гидрохимический институт», 36 с.
24. РД 52.24.405-2005 (2005) Массовая концентрация сульфатов в водах. Методика выполнения измерений турбидиметрическим методом. Ростов-на-Дону: ГУ «Гидрохимический институт», 22 с.

25. РД 52.24.497-2005 (2005) Цветность поверхностных вод суши. Методика выполнения измерений фотометрическим и визуальным методами. Ростов-на-Дону: ГУ «Гидрохимический институт», 16 с.
26. РД 52.24.382-2006 (2006) Массовая концентрация фосфатов и полифосфатов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом. Ростов-на-Дону: ГУ «Гидрохимический институт», 30 с.
27. Стенина А.С., Елсаков В.В., Хохлова Л.Г. (2010) Состояние водных экосистем в районе месторождений углеводородного сырья в бассейне средней Печоры по данным гидрохимического и биологического анализов. *Водные ресурсы* 37 (4): 484-493.
28. Струкова Р.Ю. (1994) Химический состав донных отложений. В: Дрбкова В.Г., Трифонова И.С. (ред.) Особенности структуры экосистем озер Крайнего Севера. СПб.: Наука, с. 65-72.
29. Усова Л.И. (2009) Практическое пособие по ландшафтному дешифрированию аэрофотоснимков различных типов болот Западной Сибири. СПб.: Нестор-История, 80 с.
30. Фефилова Е.Б., Батурина М.А., Кононова О.Н., Лоскутова О.А., Хохлова Л.Г., Дубовская О.П. (2014) Многолетние изменения в сообществах гидробионтов в Харбейских озерах. *Журнал Сибирского федерального университета. Биология* 7 (3): 240-266.
31. Хохлова Л.Г. (1994) Химический состав поверхностных вод. В: Гецен М.В., Назарова С.К. (ред.) Структурно-функциональная организация фитоценозов на Крайнем Севере. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, с. 12-23.
32. Хохлова Л.Г. (1996) Гидрохимическая характеристика водных объектов побережья Баренцева моря. В: Лавриненко И.А. (ред.) Некоторые подходы к организации экологического мониторинга в районах разведки, добычи и транспортировки нефти и газа. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, с. 98-110.
33. Хохлова Л.Г. (2002) Гидрохимическая изученность поверхностных вод Большеземельской тундры. В: Таскаев А.И. (ред.) Возобновимые ресурсы водоемов Большеземельской тундры. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, с. 5-14.
34. Хохлова Л.Г. (2014) Ретроспективный анализ химического состава воды озер Большеземельской тундры (Большой Харбей и Головка). *Известия Коми научного центра УрО РАН* 1 (17): 19-26.
35. Хубларян М.Г., Моисеенко Т.И. (2009) Качество воды. *Вестник Российской академии наук* 79 (5): 403-410.
36. Fefilova E., Dubovskaya O., Kononova O., Khokhlova L. (2013). A comparative survey of the freshwater copepods of two different regions of the Central Palearctic: European and Siberian. *Journal of Natural History* 47 (5-12): 805-819.
37. Sposito G. (1989) *The Chemistry of Soils*. New York: Oxford University Press, 277 p.
38. Williams, D.D. (2006) *The biology of temporary waters*. New York: Oxford University Press, 337 p.