

УДК 550.4 (471.21)

Гидрологические и гидрохимические особенности озер Большеземельской тундры

В.А. Даувальтер^{1,2}, Е.В. Хлопцева²

¹ *Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Анапиты*

² *Апатитский филиал МГТУ, кафедра геоэкологии*

Аннотация. Проведены исследования гидрологических и гидрохимических особенностей озер водосборов четырех рек Большеземельской тундры (Ортина, Нерута, Колва и Море-Ю), на территории которой интенсивно проводятся работы по поиску, разведке и разработке месторождений нефти и газа. Выделено три типа озер по происхождению котловины – ледниковые, пойменные и термокарстовые. Термокарстовые озера характеризуются минимальными средними величинами pH воды, минерализации и содержания главных ионов (за исключением Na⁺ и Cl⁻), а также максимальными средними концентрациями биогенных элементов, органического материала и почти всех микроэлементов. Содержание Fe, Cu, Mn, Al и нефтепродуктов в воде практически всех исследуемых озер превысило значения предельно допустимых концентраций для воды водоемов рыбохозяйственного назначения, что в основном связано с развитием нефтегазовой индустрии в этом регионе.

Abstract. Researches of hydrological and hydrochemical features of lakes of four river watersheds of the Bolshezemelskaya Tundra (Ortina, Neruta, Kolva and More-U) have been carried out. The oil and gas exploration and production are intensively conducted on the Bolshezemelskaya Tundra territory. According to the origin of hollows three types of lakes have been distinguished – glacial, flood-land and thermokarst. Thermokarst lakes are characterized by the minimal average values of water pH, mineralization and contents of the basic ions (except for Na⁺ and Cl⁻), and also the maximal average concentration of nutrients, organic material and almost all microelements. Contents of Fe, Cu, Mn, Al, and oil hydrocarbons in water of practically all the investigated lakes have exceeded values of maximum permissible fishery limits, that is basically connected with the development of the oil-and-gas industry in this region.

1. Введение

Изменение природного круговорота элементов под влиянием антропогенного воздействия – одна из важнейших проблем современной геоэкологии и охраны окружающей среды. Масштабы преобразований химического состава поверхностных слоев земной коры в последнее время сравнимы с масштабами геологических процессов. Под влиянием техногенных факторов химические реакции изменяют природные геохимические циклы элементов. Еще в 1934 г. А.Е. Ферсман отмечал стремительный рост использования химических элементов (примерно в 100 раз за 15-30 лет до указанного года), который в последующие годы только нарастал. Отвалы горных пород и хвостохранилищ, шахтные и карьерные сточные воды, отходы и атмосферные выбросы обогатительных и металлургических предприятий – источники техногенной миграции ряда элементов, токсичных в повышенных концентрациях для живых организмов (*Моисеев и др.*, 1997). Познание геохимической миграции элементов в условиях интенсивного загрязнения актуально для современного естествознания.

Продукты антропогенной деятельности (загрязняющие вещества), поступаая в водные бассейны с речным стоком, сбросом сточных вод, из атмосферы, включаются в природные геохимические процессы, попадают в водные системы (как поверхностные, так и подземные). Эти загрязняющие вещества накапливаются на геохимических барьерах, в первую очередь в донных отложениях водоемов, где происходит трансформация химических элементов и их лавинное накопление. Важнейшими геохимическими барьерными зонами являются системы "река-море" и "дно-вода" (*Корнеев и др.*, 2000).

Регионы российского Заполярья характеризуются особенностями формирования химического состава поверхностных вод. Поведение и миграционная способность элементов и соединений в высоких широтах специфичны в силу климатических и ландшафтно-географических особенностей, а их токсичные свойства проявляются более активно в низкоминерализованных и низкотемпературных водах вследствие низкой скорости массоэнергообмена и более бедного видового разнообразия водных экосистем Субарктики (*Моисеев*, 1997).

Интенсивное развитие нефтяных промыслов на северо-востоке Европейской части России обусловило создание развитой инфраструктуры и резкое увеличение антропогенной нагрузки на экосистемы, в том числе и на водные.

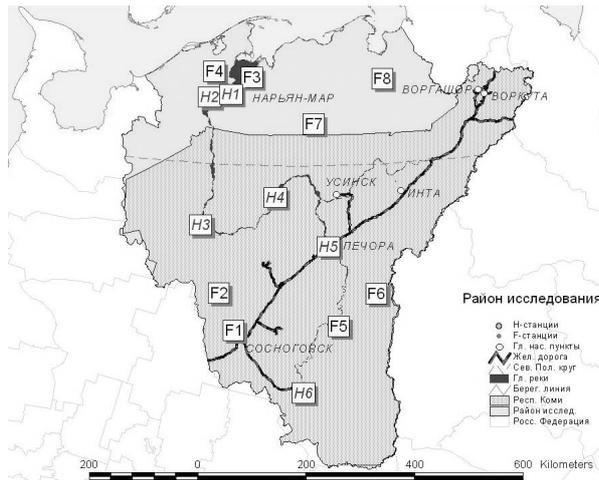


Рис. 1. Схема бассейна реки Печоры с месторасположением исследуемых станций на водосборах рек (Ортина F3, Нерута F4, Колва F7 и Море-Ю F8)

Изучением экосистемы бассейна Печоры занимается много ученых, однако их действия не скоординированы, что приводит, с одной стороны, к дублированию ряда работ, напрасной и неэффективной трате денег, а с другой – к отсутствию системных комплексных данных, способных установить причинно-следственные связи происходящих изменений.

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра Российской академии наук (ИППЭС КНЦ РАН) участвовал в проведении международного проекта ICA2-СТ-2000-10018 "Устойчивое развитие Печорского региона в изменяющихся условиях природы и общества (SPICE)", финансируемого Программой INCO-COPERNICUS-2 из средств 5-ой Программы Европейской Комиссии. В ходе проекта были проведены экспедиционные исследования на 8 участках бассейна реки Печоры (Kuhry *et al.*, 2003).

В данной работе представлены результаты исследований водоемов на водосборах 4 рек Большеземельской тундры: F3 (р. Ортина), F4 (р. Нерута), F7 (р. Колва), F8 (р. Море-Ю) (рис. 1).

Цель работы – оценить геоэкологическое состояние озер Большеземельской тундры по результатам исследования химического состава воды.

2. Район исследований и его физико-географические особенности. Гидрологические особенности озер

Река Печора делит северо-восточные тундры на 2 неравные части: западную, меньшую по площади – Малоземельская, и восточную – Большеземельскую.

В северной части, куда достигали ледники последнего оледенения, спускавшиеся с Новой Земли и Урала, сохранился хорошо выраженный холмисто-грядовый моренный рельеф.

Исследуемая река Нерута (F4) протекает в западной части (Малоземельская тундра). Эта часть представляет собою волнистую тундровую равнину высотой около 50 м над уровнем моря, постепенно понижающуюся к морю. Болотистая низина – "лапта", покрытая бесчисленными мелкими и крупными озерами, незаметно переходит в прибрежное мелководье. Вдали от моря равнина несколько повышается и становится менее заболоченной. Здесь среди песчаной равнины возвышаются дюнные холмы и гряды, между которыми встречаются "яреи" – лишённые растительности котловины выдувания.

Между реками Нерутой и Нижней Печорой среди тундровых равнин возвышается ряд моренных гряд и холмов, достигающих 150-200 м абсолютной высоты, ориентированных большей частью с севера на юг. Реки Седуиха, Танюг, Нерута растекаются от центральных повышенных частей тундры (Рихтер, Чикишев, 1946).

Рельеф Большеземельской тундры, где протекают другие исследуемые реки (Ортина (F3), Колва (F7) и Море-Ю (F8)), представляет полого холмистую равнину с высотой холмов до 50-60 м и моренные гряды-мусюры, сложенные песками и валунными суглинками (Сидоров, 1974).

В геологическом строении района принимают участие дочетвертичные и четвертичные отложения. Дочетвертичные породы большей частью скрыты под мощным чехлом четвертичных отложений, на которых формируются озерные котловины. Преимущественное развитие в регионе получили ледниковые отложения, а на севере установлено наличие осадков морского происхождения. Химический состав крупнозернистых ледниковых отложений и морских осадков (илы и глины), насыщенных в свое время соленой морской водой, оказывает влияние на формирование современного состава озерных вод (Голдина, 1972).

Питание поверхностных вод осуществляется преимущественно талыми снеговыми водами (до 75 % стока). Дождевые воды имеют подчиненное значение (15-20 % стока), доля подземных вод

составляет 5-10 % либо практически отсутствует. Для всего исследуемого района характерна многолетняя мерзлота. Развитие многолетней мерзлоты препятствует циркуляции подземных вод. Однако при благоприятном сочетании гидрологических условий с характером четвертичных отложений подземные воды, в данном случае надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные, играют важную роль в питании рек (Братцев, 1955; Власова, 1976).

Обилие озер – характерная ландшафтная особенность тундры как природно-климатической зоны, и в частности равнинной территории Большеземельской тундры. Формирование химического состава воды озер Большеземельской тундры обусловлено происхождением их котловин, в связи с чем они подразделяются на ледниковые, пойменные и термокарстовые (табл. 1).

Таблица 1. Происхождение озер Большеземельской тундры

Водосбор	Термокарстовые	Ледниковые	Пойменные
р. Ортина F3	F3-3, F3-6, F3-7		F3-2, F3-5, F3-9
р. Нерута F4	F4-4, F4-5		F4-2
р. Колва F7	F7-3, F7-4	F7-6	F7-5
р. Море-Ю F8	F8-2, F8-3	F8-4, F8-5	

Озера, расположенные в пределах холмистого рельефа, имеют *ледниковое* происхождение и отличаются четко выраженными глубокими котловинами. Крупные системы озер, имеющие ледниковое происхождение, изучались в 60-е гг., когда антропогенное влияние на них практически не сказывалось. Поэтому их гидрохимический режим определялся только природными факторами: климатическими и почвенными условиями, морфологическими параметрами, особенностями питания озер и развитием в них биологических процессов. Соответственно, такие озера характеризуются благоприятным кислородным режимом, незначительной минерализацией, увеличение которой наблюдалось лишь в придонных слоях глубоких озер, и преимущественно гидрокарбонатно-кальциевым составом воды при невысокой цветности и незначительном содержании соединений биогенных элементов (Хохлова, 2002).

Пойменные озера, образовавшиеся в результате отшнуровывания от русла рукавов и притоков, характеризуются небольшими площадями. Обычно они соединены протоками с рекой, и их режим определяется режимом водотока. Озера Большеземельской тундры, имеющие лагунное происхождение, подвержены влиянию морских вод, что определяет их своеобразный химический состав: щелочную реакцию, высокую минерализацию (3600 мг/л) и хлоридно-натриевый состав воды. Содержание органического вещества высокое и, судя по величине биологического потребления кислорода (БПК₅ = 12,3 мг/л), оно имеет автохтонное происхождение за счет существенного развития в озере биологических процессов (Хохлова, 2002).

Термокарстовые озера обычно приурочены к плоским водораздельным участкам. Эти озера характеризуются простыми округлыми очертаниями, небольшой глубиной, торфянистыми обрывистыми берегами и торфянистым дном. Сток из термокарстовых озер очень слабый и отмечается только в период весеннего поднятия уровня. Основную часть гидрографической сети Большеземельской тундры составляют термокарстовые озера, химический состав которых весьма разнообразен: минерализация невысокая, содержание органических и биогенных веществ варьирует в широких пределах в зависимости от особенностей питания озера. В водоемах с заболоченными водосборами наблюдалось повышенное содержание меди и марганца (Хохлова, 2002).

Термокарст развивается за счет вытаивания сингенетических и эпигенетических сегрегационных льдов, растущих и погребённых повторно-жильных и пластовых льдов. В результате образуются озёра (глубиной до 2 м), западины и другие отрицательные формы рельефа, разделённые обычно плоскобугристыми торфяниками высотой 2-4 м. Наиболее крупные термокарстовые озёра, возникающие в торфяниках, имеют размеры до 1 км и более (Козлов, 2005).

Особенности и различия климата обусловлены расположением Большеземельской тундры на арктическом побережье, большой, более 20°, протяженностью с запада на восток, а также равнинным характером рельефа. Климат исследуемых водосборов формируется преимущественно под воздействием арктических и атлантических воздушных масс. С продвижением вглубь материка и с запада на восток увеличивается его континентальность. Частая смена воздушных масс, перемещение фронтов и связанных с ними циклонов обуславливают неустойчивую погоду. Избыточное увлажнение, обусловленное низким термическим уровнем в сочетании с равнинным рельефом, слабОВОДПРОНИЦАЕМЫМИ и многолетнемерзлыми грунтами, определяет обилие поверхностных вод, способствует широкому распространению болот.

Разнообразие почвенного покрова тундры оказывает влияние на интенсивность склонового стока, на инфильтрацию осадков, а тем самым – и на условия питания озер.

Химический состав поверхностных вод формируется под воздействием совокупности природных и антропогенных факторов, влияющих на глубину протекания различных процессов в водной

толще, донных отложениях и в придонных слоях у поверхности раздела твердой и жидкой фаз. Среди этих процессов выделяются физические, химические и биологические. В результате их протекания изменяется не только концентрация, но и абсолютное количество химических ингредиентов. Расшифровка и оценка этих процессов необходима для научно обоснованного прогнозирования химического состава природных вод и мероприятий по сохранению качества вод в условиях возрастающего антропогенного воздействия (Моисеенко и др., 1997).

В природных пресноводных экосистемах помимо физических и химических факторов на формирование химического состава поверхностных вод оказывают влияние и биологические, к которым относятся сорбционно-аккумулирующие процессы, протекающие под влиянием гидробионтов. В дополнение к влиянию самих гидробионтов, энзимы и ферменты, выделяемые ими, могут служить катализаторами или ингибиторами физико-химических реакций, протекающих в водной толще и донных отложениях. Жизнедеятельность гидробионтов определяет судьбу элементов, которые затем включаются в состав донных отложений или снова переходят в водную толщу в растворенном состоянии.

Есть трудности в описании и количественной характеристике поведения элементов, поскольку конкретные условия в водных экосистемах варьируют весьма широко по таким ключевым показателям, как величины pH, Eh, жесткость и мутность воды, содержание главных ионов, концентрация и состав органических соединений и т.д. Кроме того, механизм проникновения тех или иных форм металлов в организмы разных представителей фито- и зоопланктона и других водных животных неодинаков.

Антропогенные факторы в геологическом времени стремительно изменяют оболочку Земли, нарушают тысячелетиями складывающиеся природные циклы круговорота веществ. Элементы поступают в озера в составе сточных вод предприятий, поверхностного стока с территории водосбора и непосредственно на поверхность озера. В поверхностных водах элементы находятся в растворимой и нерастворимой формах. Элементы сорбируются на осаждающихся минеральных и органических частицах, а также непосредственно донными отложениями. На территории Большеземельской тундры выделены следующие основные антропогенные факторы: добыча, разведка и транспортировка нефти и газа; водопотребление и водоотведение; аэротехногенное загрязнение; хозяйственно-бытовые и промышленные отходы.

Таблица 2. Основные гидрохимические параметры озер водосбора рек Ортина (F3) и Нерута (F4) в 2000 г.

Станция		F 3-2	F 3-3	F 3-5	F 3-6	F 3-9	F 4-2	F 4-4	F 4-5
pH		6.90	6.79	6.58	6.97	7.32	7.07	6.98	7.24
Электропроводность	мкС/см	16	21	17	33	51	43	43	79
NH ₄ ⁺	мкгN/л	29	44	74	60	222	30	96	240
Ca ²⁺	мг/л	1.80	1.90	1.56	3.05	5.56	3.53	4.76	8.12
Mg ²⁺	мг/л	0.43	0.50	0.50	1.12	1.56	1.06	1.06	2.38
Na ⁺	мг/л	0.91	1.48	0.95	2.33	2.61	3.41	2.48	4.77
K ⁺	мг/л	0.20	0.19	0.36	0.27	0.40	0.56	0.42	0.48
Щелочность	мкг экв/л	92	119	95	205	389	258	279	618
SO ₄ ²⁻	мг/л	0.98	0.70	0.63	0.50	2.52	0.77	0.65	1.54
NO ₃ ⁻	мкгN/л	1	1	1	1	1	1	1	1
Cl ⁻	мг/л	1.47	1.67	1.32	3.14	2.95	4.37	3.70	6.75
N _{общ}	мкгN/л	293	361	343	374	499	321	508	632
PO ₄ ³⁻	мкгP/л	1	1	6	4	11	3	14	27
P _{фил.}	мкг/л	4	5	13	12	19	11	25	35
P _{нефил.}	мкг/л	16	21	34	24	54	27	56	97
Цветность	°	26	25	35	52	53	33	54	46
XПК _{Mn}	мг/л	5.44	6.44	6.96	9.12	9.24	7.26	9.26	6.88
Si	мг/л	0.05	0.18	0.18	0.09	1.27	0.28	0.16	1.69
Al	мкг/л	37	86	76	59	200	26	85	125
Fe	мкг/л	260	200	540	370	530	440	760	1530
Cu	мкг/л	1.0	0.8	1.0	0.8	1.3	1.1	1.0	1.8
Ni	мкг/л	0.5	0.3	0.5	0.6	1.5	<0.2	<0.2	1.0
Co	мкг/л	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3
Zn	мкг/л	2.8	2.9	4.5	0.9	1.2	0.7	0.9	4.3
Mn	мкг/л	5.7	9.2	13.5	7.2	25	15	20	75
Sr	мкг/л	7	9	7	13	32	14	16	32
Pb	мкг/л	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cr	мкг/л	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3
Cd	мкг/л	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	0.08
As	мкг/л	0.6	0.9	0.9	1.0	2.0	2.0	2.5	3.5

Таблица 3. Основные гидрохимические параметры озер водосбора рек Колвы (F7) и Море-Ю (F8) в 2001 г.

Станция		F7-3	F7-4	F7-5	F7-6	F8-2	F8-3	F8-4	F8-5
pH		5.73	5.14	7.40	7.13	6.36	6.20	6.71	6.46
Электропроводность	мкС/см	18	15	116	62	16	12	30	22
NH ₄ ⁺	мкгN/л	140	330	40	41	34	62	1	38
Ca ²⁺	мг/л	2	1.11	15.6	8.82	1.18	0.78	3.67	2.33
Mg ²⁺	мг/л	0.48	0.29	4.19	1.76	0.45	0.32	0.93	0.53
Na ⁺	мг/л	0.92	0.88	1.93	1.65	1.09	0.71	1.11	1.07
K ⁺	мг/л	0.09	0.14	0.77	0.14	0.32	0.26	0.23	0.18
Щелочность	мкг экв/л	55	16	1104	533	85	61	229	123
SO ₄ ²⁻	мг/л	1.34	1.12	4.19	1.93	0.58	0.58	0.68	0.77
NO ₃ ⁻	мкгN/л	4	6	8	2	1	1	1	1
Cl ⁻	мг/л	1.08	1.30	1.82	1.37	1.81	0.85	1.64	1.49
N _{общ}	мкгN/л	773	1303	326	358	172	259	208	308
PO ₄ ³⁻	мкгP/л	24	18	8	5	3	<1	<1	1
P _{общ}	мкг/л	44	77	26	18	12	14	12	16
Цветность	°	183	139	63	91	17	6	43	46
XПК _{Mn}	мг/л	25.4	23.5	10.3	12.8	4.5	3.4	8.3	8.4
Si	мг/л	<0.05	<0.05	1.26	1.46	0.11	<0.05	0.75	<0.05
Al	мкг/л	42	100	78	66	23	36	20	44
Fe	мкг/л	270	220	300	190	190	150	180	320
Cu	мкг/л	0.6	0.9	0.9	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5
Ni	мкг/л	0.6	0.6	2	1.4	0.9	0.8	1.3	0.9
Co	мкг/л	<0.2	<0.2	<0.2	0.4	0.4	<0.2	<0.2	<0.2
Zn	мкг/л	2	3.8	2.6	2.8	1.7	1	2	0.9
Mn	мкг/л	14	15	14	13	12	9	19	11
Sr	мкг/л	14	7	76	47	10	7	21	13
НП	мкг/л	120	140	160	110	140	140	170	110
Cr	мкг/л	<0.2	0.3	<0.2	0.4	<0.2	<0.2	<0.2	0.3
Cd	мкг/л	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

3. Объекты и методы исследования

ИППЭС КНЦ РАН в 2000-2003 гг. участвовал в проведении исследований по международному проекту "Устойчивое развитие Печорского региона в изменяющихся условиях природы и общества". В рамках этого проекта были проведены экспедиционные исследования на 8 станциях водосбора р. Печоры. Летом 2000 г. проводились исследования на станциях F3 (р. Ортина) и F4 (р. Нерута), а летом 2001 г. проводились на станциях F7 (р. Колва) и F8 (р. Море-Ю) (рис. 1).

Пробы воды из исследуемых водоемов отбирались стандартными методами объемом 1 л пластмассовым батометром на глубине 1 м в полиэтиленовые бутылки (для определения содержания главных ионов и металлов) и стеклянные бутылки (для углеводов). Аналитическая программа включала в себя измерения pH, электропроводности, щелочности, главных ионов, азотной и фосфатной групп, тяжелых металлов, нефтепродуктов. Основные результаты гидрохимических исследований водных объектов Большеземельской тундры представлены в табл. 2 и 3.

4. Гидрохимия озер

Минерализация воды исследуемых озер была довольно низкая – от 6 до 96 мг/л. Наименьшей минерализацией характеризуются термокарстовые озера – до 6-11 мг/л, затем ледниковые озера – 14-48 мг/л, в пойменных озерах минерализация доходит до 96 мг/л (рис. 2). Термокарстовые озера характеризуются также и минимальными значениями pH – 5.14-6.36. В ледниковых и пойменных озерах значения pH близки к нейтральным – от 6.46 до 7.40 (рис. 2). Значения pH в воде исследуемых озер, как во всех природных водах, зависят от содержания различных форм угольной кислоты, главным образом от гидрокарбонат-иона. В природной воде ионы HCO₃⁻ образуются в больших количествах в результате диссоциации гидрокарбонатов Ca(HCO₃)₂ и Mg(HCO₃)₂, которые, увеличивая концентрацию HCO₃⁻, ведут к уменьшению концентрации H⁺, увеличению pH в сторону щелочной реакции, т.е. появлению ионов OH⁻ (Никаноров, 2001). Подобная картина характерна и для воды исследуемых озер – с увеличением содержания гидрокарбонат-иона происходит рост значений pH (рис. 3). В воде исследуемых озер отмечена также четкая зависимость pH от минерализации (рис. 3). Более низкоминерализованные воды термокарстовых озер обладают и более низкими величинами pH.

Содержание главных ионов в воде исследуемых озер было также довольно низким, что характерно для тундровых озер. Содержание Ca²⁺ было от 0.78 до 15.6, Na⁺ от 0.71 до 1.93, Mg²⁺ от 0.29

до 4.19, K^+ от 0.09 до 0.77. Была отмечена следующая убывающая последовательность концентраций основных катионов: $Ca^{2+} > Na^+ \geq Mg^{2+} > K^+$ (рис. 4). Среди анионов превалировал гидрокарбонат-ион, определяющий щелочность вод: $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$ (рис. 4). Термокарстовые озера имеют минимальные содержания практически всех главных ионов, за исключением Cl^- и Na^+ , что, вероятно, связано с влиянием морских аэрозолей, содержащих повышенные концентрации поваренной соли.

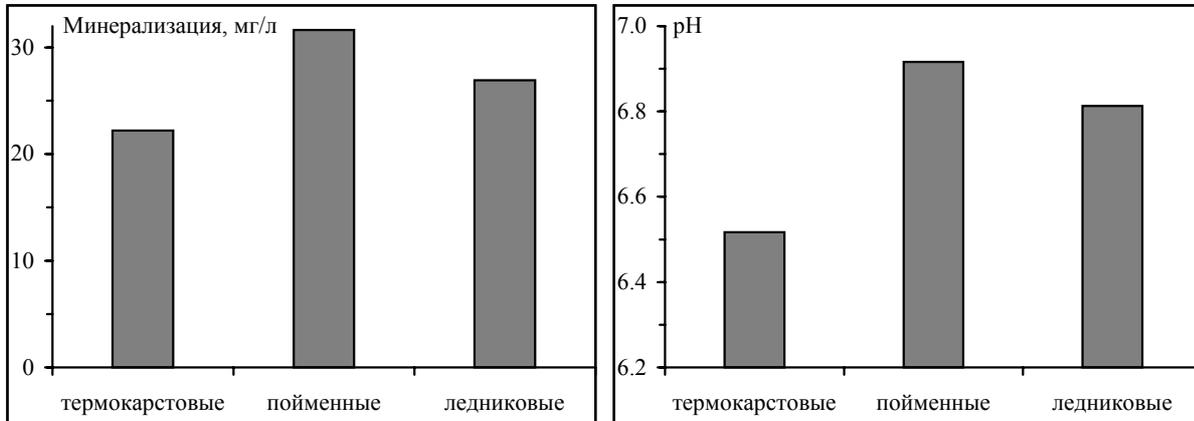


Рис. 2. Средние величины минерализации и pH воды термокарстовых, пойменных и ледниковых озер Большеземельской тундры

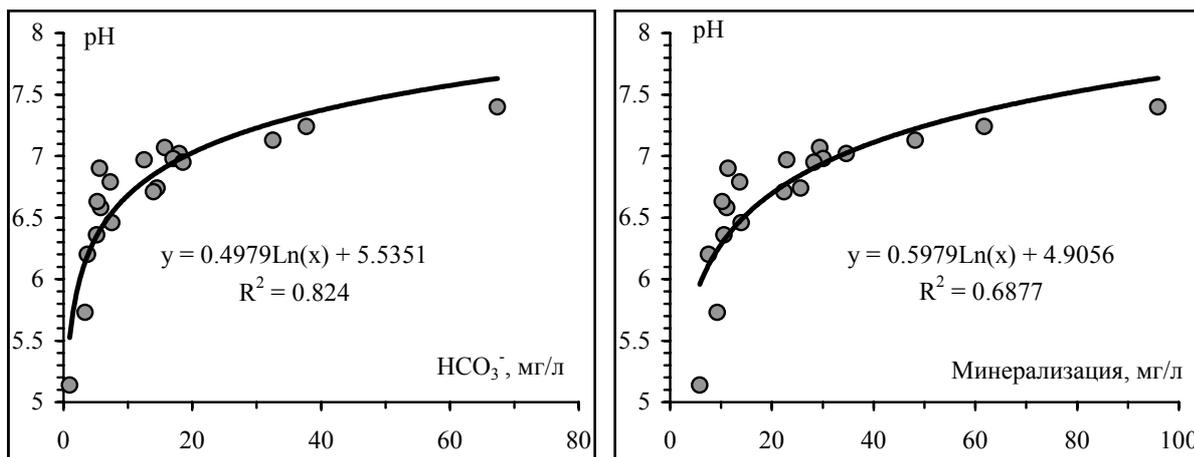


Рис. 3. Зависимость pH воды исследуемых озер от содержания HCO_3^- и общей минерализации

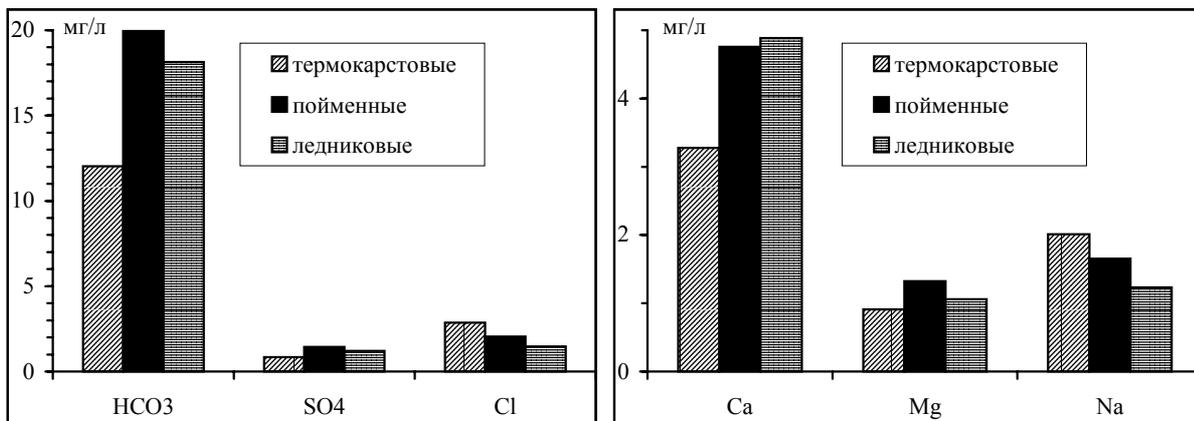


Рис. 4. Средние содержания главных ионов (в мг/л) в воде термокарстовых, пойменных и ледниковых озер Большеземельской тундры

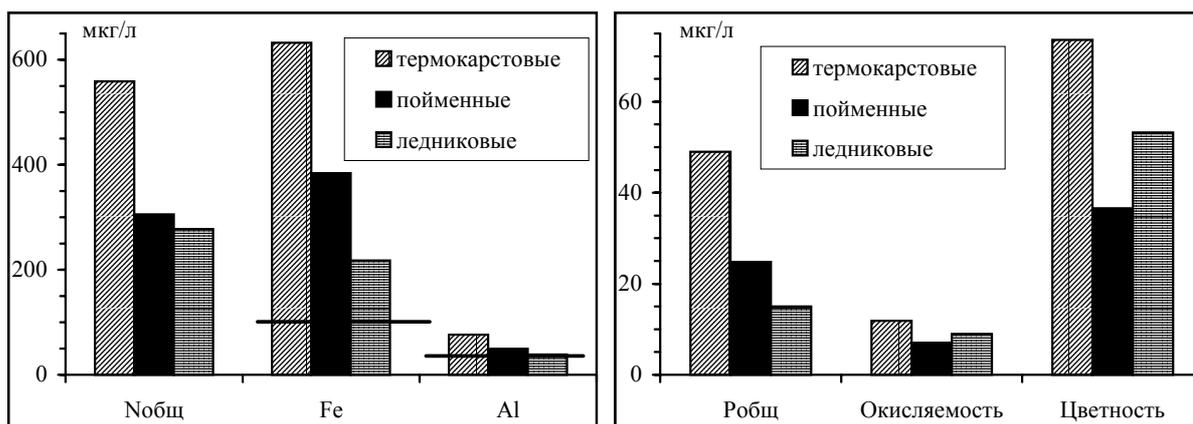


Рис. 5. Средние концентрации общего азота (Нобщ) и фосфора (Робщ), Fe, Al (мкг/л), перманганатной окисляемости (мг/л), цветность (Pt°) в воде исследованных станций. Горизонтальные линии – значения ПДК_{рбхз} для Fe и Al

Органическое вещество в воде оценивалось по показателям перманганатной окисляемости и цветности. Содержание органического вещества составляло от 3.4 до 25.4 мг/л. Наиболее высокие концентрации органического вещества и значения цветности вод отмечались в термокарстовых озерах (рис. 5), особенно на водосборе р. Колва – F7-3 (25.4 мг/л и 183 °Pt соответственно) и F7-4 (23.5 мг/л и 139 °Pt соответственно). Определяющие факторы для распределения данного показателя – термокарстовое происхождение озер, высокая степень заболоченности водосборного бассейна р. Колвы, вследствие преобладания в этих местах торфянистых грунтов.

Содержание NH_4^+ , $\text{N}_{\text{общ}}$, PO_4^{3-} , $\text{P}_{\text{общ}}$, как правило, было максимально в термокарстовых озерах (рис. 5). Концентрация биогенных элементов в исследуемых термокарстовых озерах достигает высокого уровня. Замедленность процессов аммонификации и нитрификации при низких температурах, высокой проточности и кислой реакции среды обуславливает незначительное содержание нитратов, нитритов и аммония в поверхностных водах Большеземельской тундры.

Содержание Fe, Cu, Mn и Al в воде практически всех озер превысило значения предельно допустимых концентраций для воды водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{рбхз}) (рис. 5). Источниками поступления Fe и Mn могут быть многочисленные болота, расположенные на водоразделе Печоры. Al и Cu могут поступать в озера в результате выветривания четвертичных отложений, т.е. вследствие геохимических особенностей водосборов. Концентрации остальных микроэлементов не превышали величин ПДК_{рбхз}.

Анализы воды на содержание нефтепродуктов показали превышение ПДК_{рбхз} (50 мкг/л) в воде практически всех исследуемых озер (110-170 мкг/л) вследствие проведения работ по разведке и добыче нефти и газа. Необходимо отметить, что высокие концентрации нефтепродуктов наблюдаются далеко от основных источников их поступления – нефтепромыслов и нефтепроводов, находящихся на территории водосборов Усы и Колвы. Нефтепродукты в силу своей гидрофобности не аккумулируются вблизи источников загрязнения, а уносятся вниз по течению на дальние расстояния (Лукин и др., 2000).

5. Заключение

Исследованы общие гидрологические и гидрохимические особенности озер Большеземельской тундры. На формирование качества вод исследуемых озер оказывают влияние происхождение озер, низкие среднегодовые температуры воды, большой объем водного стока, невысокие скорости течения, естественное поступление микроэлементов в составе твердого и жидкого стоков с водосборных площадей, следствием чего являются разные уровни концентрации элементов в воде водоемов, расположенных в разных зонах. В формировании поверхностного стока большую роль играют грунтовые воды четвертичных отложений и болотные воды, что обуславливает низкую минерализацию, так как коренные породы мало выщелачиваются, четвертичные отложения сильно перемыты, а почвенный покров очень тонок. Все эти факторы способствуют ослабленному влиянию притоков на процессы загрязнения вод.

Помимо природных факторов, большую роль в формировании химического состава воды и донных отложений приобретает антропогенный фактор, выражающийся в трансформации природного геохимического круговорота элементов в результате человеческой деятельности. Это связано с интенсивностью эксплуатации структур Тимано-Печорского каменноугольного бассейна и Тимано-

Печорской газонефтяной провинции – основных частей промышленной структуры северо-востока Европейской части России. Бассейн Печоры является регионом крупномасштабной разведки, добычи и транспортировки нефти и газа, в частности Харьягинское нефтяное месторождение (F7) и Василковское газоконденсатное месторождение (F3). Среди загрязняющих веществ выделены приоритетные, влияющие на экологическое состояние водных объектов – тяжелые металлы и нефтепродукты.

Среди антропогенных источников на территории Большеземельской тундры в настоящее время выделяются основные:

1) производственно-технологические отходы бурения (на 1 м³ отходов приходится 68 кг загрязняющих органических веществ);

2) факельные установки и открытое сжигание нефтепродуктов в амбарах и котловинах, сжигание попутного газа, что приводит к поступлению в атмосферу сернистых соединений, тяжелых металлов, органических загрязнителей (главным образом полициклических ароматических углеводородов);

3) резервуары для хранения нефти со специальным подогревом – механическое и химическое воздействие на мерзлые породы; тепловое воздействие может привести к активации опасных криогенных процессов, на первую очередь термокарста;

4) транспорт нефти и аварии на трубопроводах, морских судах, нефтеперерабатывающих заводах приводят к нарушению природной биохимической сбалансированности водных экосистем, нарушению химических циклов и режима их функционирования.

С увеличением объема нефтедобычи и бурения нефтяных скважин создаются новые предприятия, в связи с чем увеличиваются объемы водопотребления и водоотведения. Стоит острая проблема с некачественной очисткой сточных вод. Содержание Fe, Cu, Mn, Al и нефтепродуктов в воде практически всех озер превысило значения ПДК_{рбхз}, что связано с интенсификацией нефтегазовой промышленности на территории Большеземельской тундры.

Литература

- Kuhry P., Ponomarev V., Dauvalter V., Gimadi I., Nikula A., Crittenden P., Ingold T. Sustainable development of the Pechora Region in a changing environment and society (SPICE). *Rovaniemi, Arctic Centre. The final scientific report of Project nr. ICA2-CT-2000-10018*, 388 p., 2003.
- Братцев Л.А. Физико-географические основы гидрологии. *Производительные силы Коми АССР. М., АН СССР*, т.2, ч.2, с.10-12, 1955.
- Власова Т.А. Гидрологические и гидрохимические условия биологического продуцирования в озерах Харьейской системы. *Продуктивность озер восточной части Большеземельской тундры. Л., Наука*, с.6-26, 1976.
- Голдина Л.П. География озер Большеземельской тундры. *Л., Наука*, 100 с., 1972.
- Козлов С.А. Оценка устойчивости геологической среды на морских месторождениях углеводородов в Арктике. *Нефтегазовое дело*, № 2, с.15-24, 2005.
- Корнеев О.Ю., Рыбалко А.Е., Федорова Н.К. Геоэкологический мониторинг прибрежных областей – основа рационального природопользования урбанизированных территорий. *СПб., ГНПП "Севморгео"*, 154 с., 2000.
- Лукин А.А., Даувальтер В.А., Новоселов А.П. Экосистема реки Печоры в современных условиях. *Апатиты, КНЦ РАН*, 192 с., 2000.
- Моисеенко Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики. *Апатиты, КНЦ РАН*, 261 с., 1997.
- Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Родюшкин И.В. Геохимическая миграция элементов в субарктическом водоеме (на примере озера Имандра). *Апатиты, КНЦ РАН*, 127 с., 1997.
- Никаноров А.М. Гидрохимия. *СПб., Гидрометеиздат*, 444 с., 2001.
- Рихтер Г.Д., Чикишев А.Г. Север европейской части СССР. Очерк природы. *М., АН СССР*, 237 с., 1946.
- Сидоров Г.П. Рыбные ресурсы Большеземельской тундры. *Л., Наука*, 163 с., 1974.
- Хохлова Л.Г. Гидрохимическая изученность поверхностных вод Большеземельской тундры. *Возобновляемые ресурсы водоемов Большеземельской тундры. Сыктывкар, КНЦ УрО РАН*, с.5-14, 2002.