

10. Коновский А.К. Режимы мерзлотных пойменных почв долины Лены. – Новосибирск: Наука, 1974. – 168 с.

11. Ногина Н.А. Почвы Забайкалья. – М.: Наука, 1964. – 313 с.

12. Панфилов В.П. Физические свойства и водный режим почв Кулундинской степи. – Новосибирск: Наука, 1973. – 258 с.

13. Samuel Rieger. The genesis and classification of cold soils. – New York: Academic press., 1983. – 230 p.

14. Ариунукина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М., 1961.

Поступила в редакцию 16.03.2015

УДК 66.014:551526.8(571.56)

Гидрохимический состав как один из индикаторов современных условий формирования озер (на примере г. Якутска)

А.А. Руфова*, М.И. Ксенофонтова**

*Академия наук Республики Саха (Якутия), г. Якутск

**Институт прикладной экологии Северо-Восточного федерального университета, г. Якутск

Рассматривается динамика гидрохимического состава водоемов, как одного из индикаторов современных условий формирования озер. Озера г. Якутска в период исследования по химическому составу относятся к гидрокарбонатно-натриевой группе, по минерализации – среднеминерализованные, имеют слабощелочную среду и умеренно-жесткую воду. По макроэлементному составу выявлены озера с высокой и низкой концентрацией макроэлементов. Довольно широко представлены биогенные вещества, некоторые из них заметно превышают ПДК_{кб}. Широко распространены такие микроэлементы, как свинец, медь, цинк и марганец. Отмечается общая тенденция увеличения содержания их, но не превышающего пределы ПДК_{кб}. Рассчитан суммарный удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды, по значениям которого исследуемые городские озера относятся к загрязненным. При этом по годам исследования ИЗВ колеблется от чистых до загрязненных. На основе анализа литературных источников и собственных выводов разработана схема антропогенного воздействия на поверхностные воды озер г. Якутска по трем направлениям – масштабу, времени и характеру воздействия.

Ключевые слова: гидрохимический состав, формирование озер, городские озера, г. Якутск, макроэлементы, микроэлементы, биогенные вещества, антропогенное воздействие.

The dynamics of hydrochemical composition of Yakutsk city lakes as one of indicators of modern conditions of the lakes formation is considered. The lakes on their chemical composition belong to sodium bicarbonate group, are medium mineralized, slightly alkaline and moderate hardwater. On macroelement structure the lakes with high and low concentration of macroelements are revealed. Biogenic substances are quite widely presented, some of them considerably exceed maximum permissible concentration for culturally household water use. Such microelements as lead, copper, zinc and manganese are widespread. General tendency of increase of these microelements contents is noted, but not exceeding limits of maximum permissible concentration for culturally household water use. The total specific combinatory index of impurity of the water calculated on which value the studied city lakes belong to the polluted ones. By years of the study the total specific combinatory index of impurity of the water fluctuates from pure to polluted. On the basis of analysis of the references and own conclusions a scheme of anthropogenic influence on surface waters of the lakes of Yakutsk city in three directions – on scale, time and nature of action is developed.

Key words: hydrochemical composition, formation of lakes, city lakes, Yakutsk city, macroelements, microelements, biogenic substances, anthropogenic influence.

Химический состав природной воды определяет предшествующая ему история, т.е. путь, совершенный водой в процессе своего кругово-

рота. Количество растворенных веществ в такой воде будет зависеть, с одной стороны, от состава тех веществ, с которыми она соприкасалась, с другой – от условий, в которых происходили эти взаимодействия. Как те, так и другие, могут быть самыми различными и поэтому так разнообразен качественный состав природной воды [1], что особенно ярко отражается на химиче-

*РУФОВА Алена Афанасьевна – м.н.с., alenaruf@inbox.ru; **КСЕНОФОНТОВА Марта Ивановна – к.геогр.н., н.с., ksemaria@mail.ru.

ском составе вод городских озер, где воздействие на экосистему, в том числе на водную, носит многоплановый характер.

Материалом исследования послужили поверхностные воды озер, расположенных на территории г. Якутска – Белое, Хатынг-Юрях, Ытык-Кюель, Сергелях и Сайсары. В каждом озере выбраны две постоянные станции отбора проб воды. Отбор производился, согласно ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб», в период открытой воды с июня по сентябрь в течение 2009–2014 гг. Всего из 10 мониторинговых точек собрано и обработано 240 проб воды с проведением морфологического и геоботанического описания площадки исследования.

Химико-аналитические исследования проводились в лаборатории физико-химических методов анализа НИИПЭС Северо-Восточного федерального университета (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.517741 от 15.03.2010 г.).

Исследуемые озера г. Якутска по классификации О.А. Алекина [2] в большинстве своем относятся к гидрокарбонатно-натриевой группе. При этом оз. Ытык-Кюель, в отличие от других, в первые годы исследования характеризовалось гидрокарбонатно-кальциевым составом вод, но начиная с 2011 г. содержание натрия в озере резко увеличивается в два раза. И в итоге в период 2011–2014 гг. воды оз. Ытык-Кюель являются гидрокарбонатно-натриевыми [3].

Минерализация исследованных озерных вод варьирует в широких пределах от 237,38 до 653,8 мг/дм³. На протяжении всего периода наблюдений озера г. Якутска преимущественно среднеминерализованные. Лишь в 2010 и 2012 гг. отмечается повышенная минерализация воды в оз. Белое.

Водородный показатель pH колеблется от 7,23 до 8,89. Озера преимущественно слабощелочные. Однако, в оз. Белое в 2012 и 2014 гг. наблюдается щелочная среда, равная 8,89 и 8,65, соответственно.

Показатель **жесткости** изученных водоемов варьирует в широких пределах от 1,67 до 4,77 мг-экв/л. И на всем протяжении исследования характеризуются как умеренно-жесткие воды. Но в 2013–2014 гг. озера Ытык-Кюель и Сергелях характеризовались мягкой водой. Колебания жесткости воды напрямую зависят от содержания кальция и магния.

Макроэлементы. На рис. 1 представлена динамика макроэлементного состава озер г. Якутска. Концентрация натрия варьирует в широких пределах от 14,45 до 117,36 мг/дм³. Содержание кальция, магния и калия колеблется относительно в узком диапазоне от 1,32 до 45,88 мг/дм³. Основным источником поступления данных макроэлементов в поверхностные воды являются процессы химического выветривания и растворения минералов, изверженные и осадочные породы. Кроме того, эти компоненты поступают в природные воды с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами.

Как показано на рис. 1, максимальный и минимальный рубеж представлен калием и натрием. Для калия характерна склонность сорбироваться на высокодисперсных частицах почв, пород и донных отложений и задерживаться растениями в процессе их питания и роста. Это приводит к меньшей подвижности калия по сравнению с натрием и поэтому калий находится в природных водах, особенно в озерах, в более низкой концентрации, чем натрий [4]. Как правило, данные элементы коррелируют со значением общей минерализации.

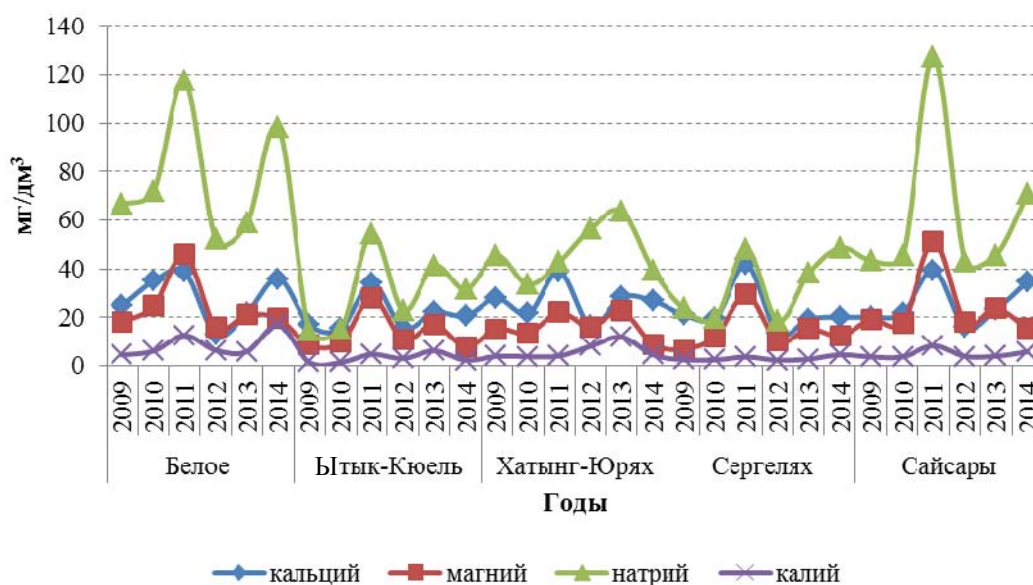


Рис. 1. Динамика макроэлементного состава озер г. Якутска

Все представленные катионы увеличивают свое содержание в 2011 г., летний период которого характеризуется выпадением значительного количества осадков (более 200 мм). Исследования химического состава атмосферных осадков показали, что они могут оказывать серьезное негативное влияние на качество воды природных водоемов, в том числе озер. Причиной изменения химического состава вод и содержания в них катионов могут быть выбросы электростанций, сжигающих органическое топливо, автотранспорт, минеральные и органические удобрения, сточные воды и т.д. Поступление химических веществ в водоемы от техногенных источников осуществляется посредством их рассеивания в компонентах экосистем в почве, воздухе, воде, растениях и живых организмах. Пути загрязнения многообразны, но важнейший из них – рассеивание аэротехногенных выбросов через атмосферу, т.е. поступления дополнительных химических веществ (в данном случае катионов) с атмосферными осадками, а также со сточными водами [5].

Содержание хлоридов в исследуемых озерах заметно отличается друг от друга и также коррелирует с минерализацией воды (рис. 2). Так как хлориды являются преобладающими анионами в высокоминерализованных водах, а среди исследуемых озер повышенная минерализация наблюдается только в оз. Белое, то наибольшее

количество хлоридов фиксируется именно в данном водоеме. Высокая концентрация хлоридов в озере связана со смывом из почвенного покрова. Общеизвестно, что значительные количества хлоридов поступают в природные воды в результате взаимодействия атмосферных осадков с почвами, особенно засоленными [6].

Сульфаты колеблются в пределах от 0,61 до 40,92 мг/дм³. Максимальное количество наблюдается в оз. Белое, минимальное – оз. Хатынг-Юрях. Значительное количество поступает в водоемы в процессе отмирания организмов, окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения. Также сульфаты выносятся со сточными водами.

Концентрация гидрокарбонатов варьирует от 122,91 до 299,91 мг/дм³. Наибольшее количество приходится на оз. Сайсары, наименьшее – оз. Сергелях. Анализ табл. 1 показывает, что к 2011 г. на всех исследуемых озерах наблюдается снижение количества гидрокарбонатов, а с 2012 г. – увеличение.

Таким образом, исследуемые озера по концентрации макроэлементов можно разделить на два типа:

озера, имеющие высокую концентрацию макроэлементов (Белое, Хатынг-Юрях, Сайсары);

озера, имеющие низкую концентрацию макроэлементов (Ытык-Кюель, Сергелях).

Биогенные вещества. В исследуемых озерах довольно широко представлены биогенные ве-



Рис. 2. Динамика хлоридов озер г. Якутска с минерализацией

Таблица 1

Динамика гидрокарбонатов в озерах г. Якутска

Озера	HCO ₃ ⁻					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Белое	240,11	279,5	156,01	268,16	218,88	250,45
Ытык-Кюель	261,74	199,18	123,70	227,52	257,31	145,94
Хатынг-Юрях	252,69	251,53	122,91	250,20	260,44	174,48
Сергелях	278,80	187,63	140,27	166,85	267,71	224,87
Сайсары	312,80	267,93	164,85	272,24	299,9	263,01

щества: это нитриты, аммоний, железо, нитраты, фосфаты и фториды (рис. 3) [7].

Железо в водах озер г. Якутска варьирует в пределах от 0,08 до 1,48 мг/дм³. Высокая концентрация наблюдается в озерах Ытык-Кюель, Хатынг-Юрях и Белое, где ПДК_{кб} превышает, относительно низкая – в озерах Сергелях и Сайсары не превышает ПДК_{кб}. В 2014 г. ряд озер (Белое, Сергелях и Сайсары) по содержанию железа находятся ниже предела обнаружения. Колебания железа зависят от многих причин, одна из них – это изменения водородного показателя pH. При уменьшении значений pH происходит изменение соотношений между различными формами гидроксида железа. Впоследствии сильно повышается доля других форм, в частности свободных ионов железа, по сравнению с недиссоциированным трехвалентным железом и увеличивается растворимость железа.

Аммоний присутствует во всех исследуемых озерах. Но в некоторые промежутки исследования концентрация может быть ниже предела обнаружения (например, 2009 г. в оз. Белое). Концентрация аммония достигает своего максимума в 2013 г. во всех озерах кроме озера Сайсары, где концентрация находится ниже предела обнаружения. Превышение ПДК_{кб} приходится на озера Хатынг-Юрях, Белое и Сергелях. Данное превышение связано с поступающими хозяйственно-бытовыми сточными водами. В канализационные системы ежедневно поступает до 10 г аммонийного азота (на одного жителя). Также на увеличение содержания аммония мог сыграть и трофический статус. Озера стоят на стыке олиготрофного и эвтрофного типов, являются мезотрофными. При данном переходе возрастает как абсолютная концентрация

ионов аммония, так и их доля в общем балансе связанного азота.

Г.И. Хараев и др. [8] по содержанию аммония в водоемах подразделяют воды на шесть классов. По данной классификации по усредненным многолетним данным исследуемые озера относятся к 3-му и 4-му классам умеренно загрязненных (Ытык-Кюель) и загрязненных (Белое, Хатынг-Юрях, Сергелях и Сайсары) вод.

Увеличение концентрации ионов аммония наблюдается осенью, это объясняется тем, что в этот период отмирают водные организмы, особенно в зонах их скопления. Уменьшение концентрации этих веществ происходит летом в результате интенсивного их усвоения растениями при фотосинтезе. Таким образом, повышенное содержание аммония указывает на ухудшение санитарного состояния озер г. Якутска

Нитриты в озерах г. Якутска варьируют довольно в широких пределах от 0,8 до 3,26 мг/дм³. Они находятся ниже предела обнаружения в озерах Ытык-Кюель и Сергелях. В оз. Хатынг-Юрях наблюдаются лишь в 2010 г. и достигают 0,8 мг/дм³. Более стабильным содержанием нитритов характеризуются озера Белое и Сайсары и то в некоторые промежутки исследования находятся ниже предела обнаружения. Средний показатель равен 2,75 и 2,36 мг/дм³, соответственно. Данные показатели являются высокими, но ниже ПДК_{кб}. Повышенное содержание нитритов в озерах Белое и Сайсары указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления NO₂ в NO₃-, т.е. на загрязнение водного объекта, что является важным санитарным показателем.

Нитраты присутствуют во всех исследуемых озерах, кроме оз. Сергелях. Нужно отметить,

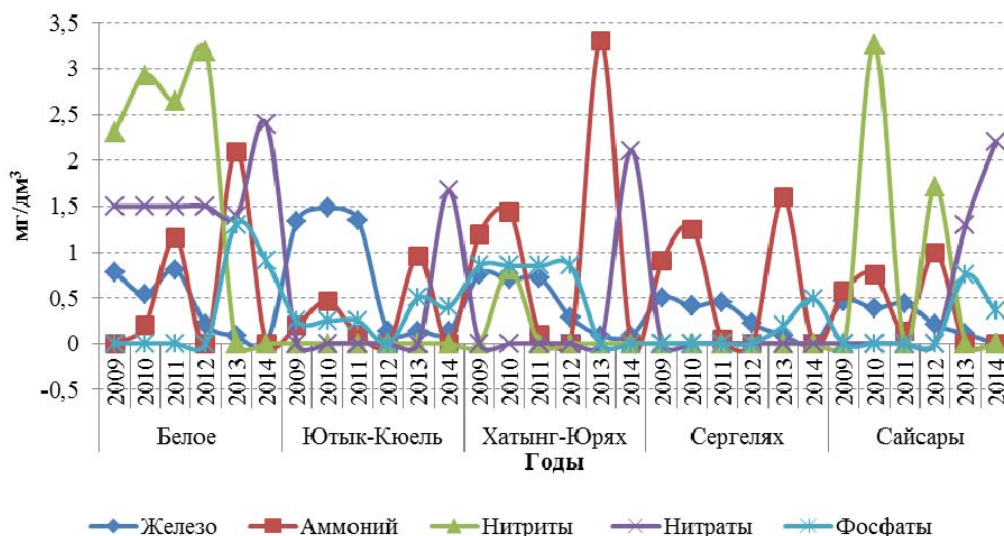


Рис. 3. Динамика биогенных веществ в озерах г. Якутска

что стабильная концентрация нитратов наблюдается в оз. Белое. В оз. Сайсары они отмечаются лишь в 2013 – 2014 гг. и составляют в среднем $1,75 \text{ мг/дм}^3$. В озерах Ытык-Кюель и Хатынг-Юрях нитраты присутствуют только в 2014 г. В остальные года исследования находятся ниже предела обнаружения. Резкое повышение нитратов обычно связано с атмосферными осадками, которые поглощают образующиеся при атмосферных электрических разрядах оксиды азота (концентрация нитратов в атмосферных осадках достигает $0,9 - 1 \text{ мг/дм}^3$) [4]. С нарастанием эвтрофикации абсолютная концентрация нитратов и их доля в сумме минерального азота возрастают. Также увеличение концентрации нитратов наблюдается в летнее время в периоды массового отмирания фитопланктона в высокой активности нитрификаторов.

Фосфаты варьируют в пределах от 0,2 до $1,3 \text{ мг/дм}^3$. В озерах Белое, Сергелях и Сайсары наблюдаются лишь в 2013 – 2014 гг. в высоких концентрациях. В озерах Ытык-Кюель и Хатынг-Юрях фосфаты присутствуют почти всегда. Все исследуемые озера подвержены значительным сезонным колебаниям, поскольку фосфаты зависят от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ. Минимальные концентрации фосфатов наблюдаются летом, максимальные – осенью. Важным фактором повышения содержания фосфатов в природных водах, нередко приводящим к значительному эвтрофированию водных объектов, является хозяйственная деятельность человека. Загрязнению природных вод фосфатами способствует широкое применение полифосфатов как моющих средств, флотореагентов и смягчителей воды, которые попадают в исследуемые озера через хозяйственно-бытовые сточные воды.

Фториды присутствуют только в оз. Ытык-Кюель. В 2009 г. концентрация достигает $0,24 \text{ мг/дм}^3$ и сохраняется вплоть до 2011 г. С 2012 по 2014 г. находятся ниже предела обнаружения. Не превышают ПДК_{кб}.

Таким образом, повышенные содержания биогенных веществ, в частности железа, аммония и нитритов, в водах озера г. Якутска указывают на их «свежее» загрязнение, так как они представляют собой промежуточную ступень в цепи бактериальных процессов окисления аммония до нитратов (нитрификации в аэробных условиях) и, напротив, восстановления нитратов до азота и аммиака (денитрификации при недостатке кислорода).

Микроэлементы. Водоемы г. Якутска проверялись на наличие таких микроэлементов, как Pb, Ni, Mn, Cd, Co, Cr, Zn, Cu, As и Hg. В табл. 2

представлен микроэлементный состав озера г. Якутска с их классом опасности. Элементы первого (As, Hg), второго (Cd, Cr) и третьего (Ni, Co) классов опасности находятся ниже предела обнаружения на весь период исследования. В исследованных озерах из элементов второго класса опасности наблюдаются свинец, третий – медь и цинк и четвертого класса – марганец.

Концентрация **свинца** в исследуемых озерах колеблется от 0,0008 до $0,0067 \text{ мг/дм}^3$. Микроэлемент присутствует во всех исследованных озерах, кроме оз. Ытык-Кюель, в оз. Белое также не стабилен. Наблюдается интересная тенденция, во всех озерах, кроме оз. Белое, в 2013 – 2014 гг. данный микроэлемент находится ниже предела обнаружения. Существенными факторами понижения концентрации свинца в исследуемых озерах является адсорбция его взвешенными веществами и осаждение с ними в донные отложения. Довольно высоким содержанием свинца характеризуется оз. Сергелях, средний показатель равен $0,0059 \text{ мг/дм}^3$. Значительное повышение содержания свинца в оз. Сергелях, полагаем, связано со сточными и хозяйственно-бытовыми водами, так как оно расположено вблизи ОАО «Якутская птицефабрика» и вдоль озера находятся многочисленные дачные участки.

Концентрация **меди** колеблется от 0,0012 до $0,0027 \text{ мг/дм}^3$. В отличие от других микроэлементов, медь стабильно присутствует во всех озерах. Максимальная концентрация наблюдается в оз. Сайсары, минимальная – оз. Ытык-Кюель. Из табл. 2 видно, как динамика меди в озерах г. Якутска в целом развивается без сильных перепадов, кроме оз. Сайсары. Именно в нем наблюдается максимальный и один из минимальных показателей. В первую половину исследования отмечаются резкие колебания, во вторую – идет заметное снижение концентрации. Основной причиной стабильного увеличения содержания меди в озерах являются поступающие сточные воды. Также медь может увеличить свою концентрацию в результате коррозии медных изделий и сооружений, используемых в технике. В последние годы вокруг оз. Сайсары появились новые строительные объекты: дороги, мосты, многоэтажные дома и пр. Также надо учесть тот фактор, что оз. Сайсары расположено в центре крупной транспортной развязки г. Якутска [9].

Цинк в озерах варьирует в пределах от 0,12 до $0,49 \text{ мг/дм}^3$. В оз. Ытык-Кюель концентрация цинка находится ниже предела обнаружения на весь период исследования, в озерах Белое, Хатынг-Юрях и Сергелях наблюдается в 2013 г. довольно в высоких концентрациях. Стабильным

Микроэлементный состав озер г. Якутска

Название озера	Год исследования	pH	Жесткость, мг-экв./л	Микроэлементы, мг/дм ³ / класс опасности									
				Pb	Cu	Zn	Mn	As	Hg	Cd	Cr	Ni	Co
				2	3	3	4	1	1	2	2	3	3
Белое	2009 г.	8,28	4,29	-	0,0014	-	0,026	нпо*	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2010 г.	8,33	3,66	0,0008	0,0021	-	0,027	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2011 г.	8,45	3,83	-	0,0016	-	0,023	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2012 г.	8,89	4,77	0,001	0,0016	-	0,032	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2013 г.	7,84	2,84	-	0,0016	0,38	0,016	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2014 г.	8,65	3,4	0,002	0,0017		0,011	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	Ср. геометрическое	8,36	3,82	0,0009	0,0016	0,38	0,024	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
Ытык-Кюель	2009 г.	7,71	3,41	-	0,0025	-	0,023	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2010 г.	7,23	3,06	-	0,0024	-	0,031	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2011 г.	7,98	3,18	-	0,0024	-	0,02	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2012 г.	8,06	3,27	-	0,0024	-	0,021	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2013 г.	7,45	2,5	-	0,0023	-	0,009	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2014 г.	8,55	1,67		0,0012		0,006	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	Ср. геометрическое	7,68	3,07	-	0,0024	-	0,019	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
Хатынг-Юрях	2009 г.	7,46	3,94	0,0023	0,0015	-	0,019	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2010 г.	7,58	3,25	0,0028	0,0018	-	0,007	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2011 г.	7,62	4,27	0,0009	0,0015	-	0,015	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2012 г.	7,73	4,25	0,0019	0,002	-	0,02	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2013 г.	7,38	3,22	-	0,0022	0,12	0,007	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2014 г.	8,5	2,07		0,0014		0,007	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	Ср. геометрическое	7,55	3,76	0,0018	0,0018	0,12	0,012	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
Сергелях	2009 г.	7,88	4,47	0,0067	0,0018	-	0,018	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2010 г.	7,8	3,96	0,0065	0,0019	-	0,028	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2011 г.	8,47	4,52	0,0049	0,0021	-	0,019	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2012 г.	7,76	4,5	0,0056	0,002	-	0,014	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2013 г.	7,64	2,19	-	0,0019	0,49	0,008	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2014 г.	8,58	2,66	-	0,0015		0,006	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	Ср. геометрическое	7,90	3,80	0,0059	0,0019	0,49	0,016	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
Сайсары	2009 г.	7,9	4,74	0,0024	0,0027	0,19	0,027	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2010 г.	8,11	4,56	0,0014	0,0018	0,16	0,007	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2011 г.	8,39	4,6	0,0042	0,0027	0,16	0,014	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2012 г.	8,64	4,59	0,0014	0,0021	0,14	0,032	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2013 г.	7,69	3,11	-	0,002	0,39	0,004	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	2014 г.	8,62	3,01	-	0,0012		0,007	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
	Ср. геометрическое	8,14	4,27	0,00211	0,0022	0,19	0,013	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо

* нпо – ниже предела обнаружения.

содержанием из года в год характеризуется оз. Сайсары. Так же, как и в других озерах, к 2013 г. концентрация его увеличивается. Резкое увеличение концентрации цинка обычно объясняется поступающими сточными водами. Несмотря на значительное увеличение содержания цинка в водах озера г. Якутска, в частности, в оз. Сайсары, микроэлемент не превышает ПДК_{кб}.

Марганец в исследуемых озерных водах колеблется от 0,004 до 0,032 мг/дм³. Так же, как и медь, присутствует стабильно во всех озерах. Динамика развития неоднородная. Каждый год колебания либо в сторону увеличения, либо уменьшения. Самой неоднородной динамикой характеризуется оз. Сайсары, так как в нем присутствуют оба показателя: минимальный и максимальный – 0,004 и 0,032 мг/дм³, соответственно. Увеличение и уменьшение концентрации объясняются тем, что значительные количества марганца могут поступать в процессе разложения остатков водных животных и растительных организмов, особенно синезеленых диатомовых водорослей и высших водных растений.

Таким образом, в исследуемых озерных водах широко распространены такие микроэлементы, как свинец, медь, цинк и марганец. Отмечается общая тенденция увеличения содержания их, но не превышающая пределы ПДК_{кб}.

По суммарному удельному комбинаторному индексу загрязнённости воды (ИЗВ) исследуемые городские озера относятся к классу загрязнённых. Но нужно отметить, что динамика гидрохимических исследований показывает, что ситуация с загрязнением неоднозначная. ИЗВ по годам исследования колеблется от чистых до загрязнённых. Это объясняется тем, что индекс связан с резкими колебаниями тех или иных загрязняющих веществ. В отдельные годы наблюдалось загрязнение аммонием (канализационные загрязнения), нитритами (разложение органических веществ), фосфатами (моющие средства), цинком (почвенный смыв) и др. Данные показатели и причины загрязнения свидетельствуют о прямом влиянии антропогенного воздействия на поверхностные воды.

На основе всего вышеизложенного разработана схема антропогенного воздействия на по-

верхностные воды озера г. Якутска, которая описывается по трем направлениям – масштабу, времени и характеру (рис. 4).

Масштаб антропогенного воздействия делится на локальный и точечный. По времени воздействия выделяем длительные (сточные воды, атмосферное загрязнение и др.) и кратковременные (аварийные ситуации и др.). Антропогенному воздействию характерны следующие изменения: химическое (гидрохимический состав), биологическое (санитарно-эпидемиологическая ситуация, воздействие на водную биоту и др.) и механическое (строительный и бытовой мусор, упаковочные материалы и др.).

Таким образом, деятельность человека приводит к заметным, а порой и к значительным изменениям химического состава природных вод. Воды озера г. Якутска являются природными, но их химический состав формируется не в естественных условиях, а условиях сильного антропогенного воздействия.

Литература

1. *Справочник по гидрохимии* / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 391 с.
2. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 295 с.
3. *Руфова А.А., Ксенофонтова М.И., Ябловская П.Е.* Мониторинг состояния озера г. Якутска по гидрохимическим показателям // *Наука и образование*. – 2012. – №4. – С. 52–55.
4. *Зенин А.А., Белоусова Н.В.* Гидрохимический словарь / Под ред. А.М. Никанорова – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 238 с.
5. *Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы* / Под ред. Т.В. Гусевой. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
6. *Ксенофонтова М.И., Легостаева Я.Б., Ябловская П.Е., Трофимова Л.Н.* Характеристика химического состава вод и донных отложений крупных водоемов г. Якутска // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. – 2013. – №4. – С. 493–500.
7. *Руфова А.А., Ксенофонтова М.И., Ябловская П.Е.* Оценка содержания биогенных элементов в водах озера г. Якутска // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2013. – № 8, ч. 1. – С. 75–77.
8. *Хараев Г.И. и др.* Методическое пособие по дисциплине «Экологический мониторинг». – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный технологический университет, 2004. – 77 с.
9. *Руфова А.А., Ксенофонтова М.И., Трофимова Л.Н.* Содержание некоторых микроэлементов в воде оз. Сайсары // *Наука и образование*. – 2013. – №3. – С. 139–141.

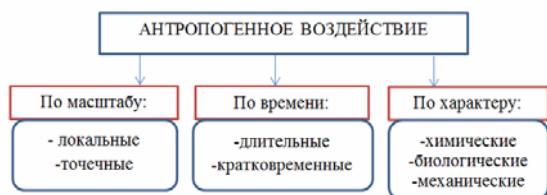


Рис. 4. Антропогенное воздействие на поверхностные воды озера г. Якутска

Поступила в редакцию 22.04.2015