

АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ЯКУТСКА)

Руфова А.А.¹, Татарина А.В.¹

¹ГБУ «Академия наук Республики Саха (Якутия)», Якутск, Россия (677007, г. Якутск, пр. Ленина, 33), e-mail: alenaruf@inbox.ru

В статье рассматривается гидрохимическое и гидробиологическое состояние водоемов на примере северного города Якутск. 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 без превышения пределов ПДК_{кб}. По гидробиологическим исследованиям приводятся результаты характеристик качественного и количественного состава зообентоса по каждому исследуемому озеру. Также дана оценка особенностей видового состава зообентоса, основных закономерностей их количественного развития по сезонам, необходимым для оценки качества воды. 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: городские озера, гидрохимический состав, макроэлементы, микроэлементы, биогенные вещества, гидробионты, зоопланктон, донная фауна, г. Якутск, антропогенное воздействие.

ANTHROPOGENOUS INFLUENCE ON THE HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL CONDITION OF THE SURFACE WATER OF THE NORTHERN CITIES (ON THE EXAMPLE OF YAKUTSK)

Rufova A.A.¹, Tatarinova A.V.¹

¹Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia", Yakutsk, Russia (677007, Yakutsk, Lenin Ave., 33), e-mail: alenaruf@inbox.ru.

In article the condition of reservoirs on the example of the northern city of Yakutsk is considered hydrochemical and hydrobiological. Lakes of Yakutsk during research on a chemical composition belong to gidrokarbonatno-sodium group, on a mineralization – srednemineralizovanny, have the alkalescent environment and moderate hard water. On macroelement structure lakes with high and low concentration of macrocells are revealed. Biogenous substances are quite widely presented, some of them considerably exceed maximum permissible concentration on cultural and community water use. Such microcells as are widespread: lead, copper, zinc and manganese. The general tendency of increase in the contents them, but not exceeding limits maximum permissible concentration on cultural and community water use is noted. On hydrobiological researches results of characteristics of qualitative and quantitative structure of a zoobenthos on each lake of Yakutsk are given. The assessment of features of specific structure of a zoobenthos, the main regularities of their quantitative development in seasons is also given. it is necessary for an assessment of quality of water. On the basis of the analysis of references and own conclusions the scheme of anthropogenous impact on a surface water of lakes of Yakutsk in three directions – the scale, time and nature of influence is developed.

Keywords: city lakes, hydrochemical composition, macrocells, microcells, biogenous substances, hydrobionts, zooplankton, ground fauna, Yakutsk, anthropogenous influence.

Озера имеют большое экологическое значение для г. Якутска, являясь источником хозяйственно-бытового водоснабжения и средой обитания водной биоты. В связи с ухудшением экологической ситуации в городской среде возникает необходимость проведения наблюдений за гидрохимическим и гидробиологическим состоянием водной

среды. При любом антропогенном воздействии нарушается естественное равновесие между биотическими и абиотическими составляющими озерной экосистемы, что приводит к интенсивному заилению и обмелению озер, их зарастанию и загрязнению. Озера «цветут», ухудшается качество озерной воды, поэтому восстановление, оздоровление и охрана озерных экосистем являются наиболее актуальными проблемами современной лимнологии.

Целью данной работы является изучение гидрохимического и гидробиологического состояния и влияние антропогенного воздействия на городские озера на примере г. Якутска.

Основная **задача** данной работы состоит в изучении антропогенного влияния на гидрохимическое и гидробиологическое состояние озер г. Якутска.

Материалы и методы. Материалом исследования послужили городские озера, расположенные на территории г. Якутска. Это пять крупных озер: Белое, Хатынг-Юрях, Ытык-Кюель, Сергелях и Сайсары. Оценка водоемов г. Якутска проведена с использованием общеизвестных классификаций. Все химико-аналитические работы проведены в лаборатории физико-химических методов анализа НИИПЭС СВФУ (аттестат аккредитации РОСС.RU.0001.517741) с помощью методов потенциометрии, титриметрии, фотометрии, капиллярного электрофореза, атомной абсорбции и флуориметрии.

Результаты и обсуждение. Озера г. Якутска в период исследования по химическому составу относятся к гидрокарбонатно-натриевой группе, по минерализации – среднеминерализованные, имеют слабощелочную среду и умеренно-жесткую воду.

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 [1]. Как правило, данные элементы, коррелируют со значением общей минерализации.

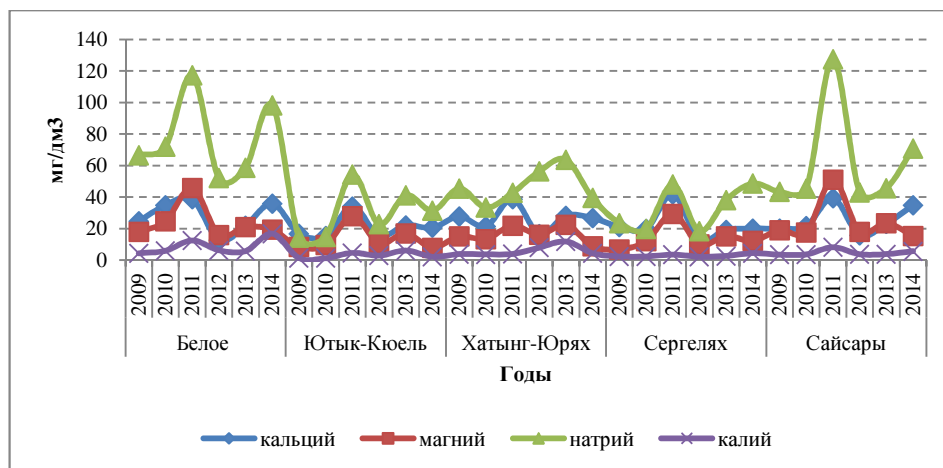


Рис. 1. Динамика макроэлементного состава озера г. Якутска.

Содержание хлоридов в исследуемых озерах заметно отличается друг от друга и также коррелирует с минерализацией воды. 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 [2]. Сульфаты колеблются в пределах от 0,61 до 40,92 мг/дм³. 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 в пределах от 122,91 до 299,91 мг/дм³. Наибольшее количество приходится на оз. Сайсары, наименьшее – Сергелях.

Таким образом, исследуемые озера по концентрации макроэлементов можно разделить на два типа: озера, имеющие высокую концентрацию макроэлементов (Белое, Хатынг-Юрях, Сайсары) и озера, имеющие низкую концентрацию макроэлементов (Ютык-Кюель, Сергелях).

В исследуемых озерах довольно широко представлены биогенные вещества: это нитриты, аммоний, железо, нитраты, фосфаты и фтор [4].

Железо в водах озера г. Якутска варьирует в пределах от 0,08 до 1,48 мг/дм³. Высокая концентрация наблюдается на оз. Ютык-Кюель, Хатынг-Юрях и Белое, где ПДК_{кб} превышает. Относительно низкая концентрация – в оз. Сергелях и Сайсары, не превышающая ПДК_{кб}. В 2014 г. ряд озера (Белое, Сергелях и Сайсары) по содержанию железа находились ниже предела обнаружения. Концентрация аммония достигает своего максимума в 2013 г. во всех озерах, кроме оз. Сайсары, где находится ниже предела обнаружения. Превышение ПДК_{кб} приходится на оз. 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). Стабильным

содержанием *нитритов* характеризуются оз. 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}. Стабильная концентрация нитратов наблюдается на оз. Белое. На оз. Сайсары наблюдаются лишь в 2013-2014 гг. и составляют в среднем 1,75 мг/дм³. На оз. Ытык-Кюель и Хатынг-Юрях нитраты присутствуют только в 2014 г. В остальные года исследования находятся ниже предела обнаружения [1]. *Фосфаты* варьируют в пределах от 0,2 до 1,3 мг/дм³. 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 на оз. Ытык-Кюель. В 2009 г. концентрация достигает до 0,24 мг/дм³ 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 озер 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. Микроэлементный состав озер г. Якутска рассматриваем с их классом опасности. Элементы первого (As, Hg), второго (Cd, Cr) и третьего (Ni, Co) класса опасности находятся ниже предела обнаружения на весь период исследования. В исследованных озерах из элементов второго класса опасности наблюдается свинец, третьего класса – медь и цинк и четвертого класса – марганец.

Концентрация *свинца* в исследуемых озерах колеблется от 0,0008 до 0,0067 мг/дм³. 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 мг/дм³. Значительное повышение содержания свинца на оз. Сергелях, полагаем, связано со сточными и хозяйственно-бытовыми водами, так как озеро расположено вблизи ОАО «Якутская птицефабрика» и вдоль озера находятся многочисленные дачные участки. Концентрация *меди* колеблется от 0,0012 до 0,0027 мг/дм³. В отличие от других микроэлементов, присутствующих в озерах, медь стабильно присутствует во всех озерах. Максимальная концентрация наблюдается на оз. Сайсары, минимальная – Ытык-Кюель.

Основные причины стабильного увеличения содержания меди в озерах связаны с поступающими сточными водами. Также медь может увеличить свою концентрацию в результате коррозии медных изделий и сооружений, используемых в технике. В последние годы вокруг оз. Сайсары разрослись строительные объекты: дороги, мосты, многоэтажные дома и пр. Также надо учесть тот фактор, что оз. Сайсары расположено в центре крупной транспортной развязки г. Якутска [5]. *Цинк* в озерах варьирует в пределах от 0,12 до 0,49 мг/дм³. Стабильным содержанием из года в год характеризуется оз. Сайсары. Так же как и в других озерах, к 2013 г. концентрация увеличивается. Резкое увеличение концентрации цинка обычно объясняется поступающими сточными водами. Несмотря на значительное увеличение содержания цинка в водах озер г. Якутска, в частности на 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 этом озере присутствуют оба показателя: минимальный и максимальный, 0,004 и 0,032 мг/дм³ соответственно.

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

Поступление загрязняющих веществ способствует накоплению их в воде, в результате чего изменяется не только гидрохимический режим водоемов, но также нарушаются планктонные и донные сообщества гидробионтов. В итоге разрушаются важнейшие биологические связи в экосистеме озера.

Таксономический комплекс весенне-летнего зообентоса 2014 г. исследованных озер включает 13 таксономических групп донных беспозвоночных животных (рис. 2). При определении видовой принадлежности донной фауны использовался определитель пресноводных беспозвоночных [3]. По количеству встреченных особей доминировали личинки хирономид, олигохеты, бокоплавцы, клопы, пиявки, моллюски, на их долю приходится 52,78%. Второстепенное положение занимают мокрецы, личинки ручейников, поденки, на их долю приходится 27,27%. Остальные представители донной фауны встречались единично, их доля составляет около двадцати процентов (19,95%). По сравнению с предыдущими годами исследования динамика развития особей данных таксономических групп не претерпевает сильных изменений [6].

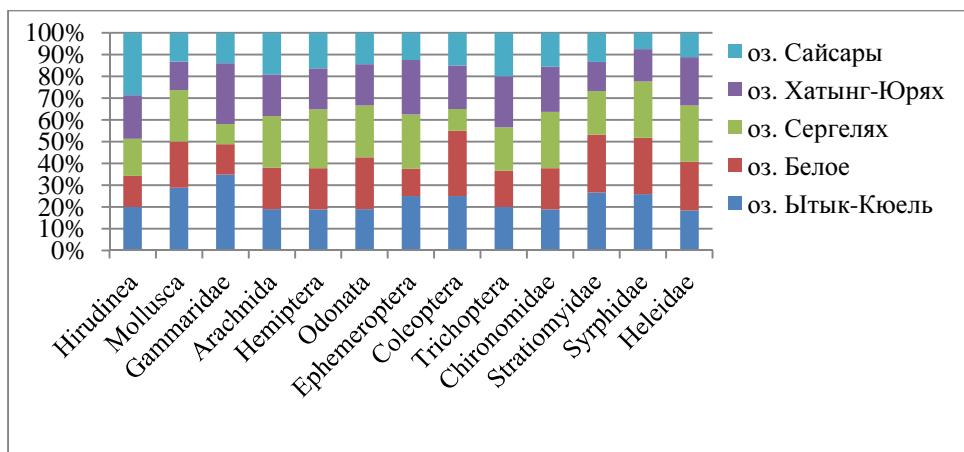


Рис. 2. Распределение зообентоса по основным таксономическим группам в озерах г. Якутска

Пик показателей численности приходится на август-сентябрь (показатели численности 404,8 экз/кв.м), минимальные показатели отмечены в июне-июле (показатели численности 256,5 экз/кв.м). Это связано с особенностями жизненного цикла водных беспозвоночных: в июле происходит массовый вылет основного компонента донных биоценозов. В августе-сентябре происходит увеличение численности и биомассы за счет появления новых поколений.

Проанализировав характеристики качественного и количественного состава зообентоса по каждому озеру, мы получили следующие данные. Зообентос озер г. Якутска представлен 13 группами донных беспозвоночных животных, относящихся к 3 типам, 5 классам, 11 отрядам, 14 семействам, 13 родам. По числу встреченных особей доминирующее положение занимает тип членистоногие, который представлен взрослыми особями (123) и личинками (200). Из представителей членистоногих были встречены бокоплавы, пауки-серебрянки, клопы-гладыши, жуки-водолюбы и большое количество личинок стрекоз, поденок, ручейников, львинок, журчалок, мокрец, долгоножек и хирономид. Второе положение занимает тип моллюски, который в основном представлен брюхоногими моллюсками – затворками, прудовиками, катушками (всего 38 особей). Третье положение занимает тип кольчатые черви, который представлен пиявками (35 особей). Что в процентном соотношении составляет 81,6%, тип членистоногие (личинки – 50,5% и взрослые особи – 31,1%), тип моллюски 9,6%, тип кольчатые черви 8,8%.

Наибольшее количество представителей зообентоса было встречено в оз. Ытык-Кюель (13 групп беспозвоночных), а наименьшее количество было встречено в оз. Сайсары (не более 7 групп беспозвоночных). Максимальное значение численности зообентоса отмечено также в оз. Ытык-Кюель (153,3 экз/кв.м) и в оз. Сергелях (141,6 экз/кв.м). Минимум численности зарегистрирован в озерах Сайсары, Белое и Хатынг-Юрях – соответственно 103,3, 128,3, 133,3 экз/кв.м.

В сезонном аспекте наблюдается рост численности с июня по сентябрь – минимальные показатели отмечены в июне, максимальные показатели отмечены в сентябре. Это связано с особенностями жизненного цикла водных беспозвоночных: в июне происходит массовый вылет насекомых, а в сентябре идет процесс подготовки к зиме.

Озера, которые расположены далеко от источников бытового загрязнения (органического), имеют богатое видовое разнообразие и высокие количественные показатели, то есть относятся к классу условно чистых водоемов. Соответственно бедные озера с наименьшим количеством представителей зообентоса и низкими количественными показателями являются загрязненными водоемами. Таким образом, практически все озера, расположенные в окрестностях г. Якутска, подвержены сильному антропогенному загрязнению.

Заключение. На основе всего вышеизложенного разработана схема антропогенного воздействия на поверхностные воды озер г. Якутска, которая представлена по трем направлениям – масштабу, времени и характеру (рис. 3).

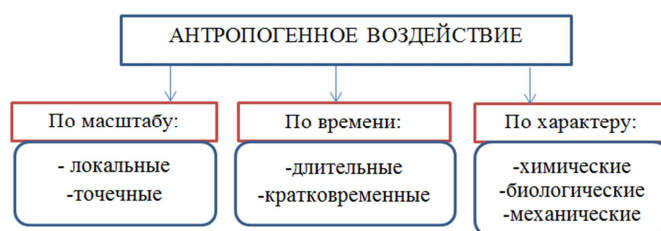


Рис. 3. Антропогенное воздействие на поверхностные воды озер г. Якутска

Масштаб антропогенного воздействия делится на локальное и точечное. По времени воздействия выделяем длительные (сточные воды, атмосферное загрязнение и др.) и кратковременные (аварийные ситуации и др.). Характер антропогенного воздействия включает: химическое (изменение гидрохимического состава), биологическое (изменение гидробиологического состояния и санитарно-эпидемиологической ситуации 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 гидрохимических и гидробиологических показателей природных вод. Воды озер г. Якутска являются природными, но их химический и биологический состав формируется не в естественных условиях, а в условиях сильного антропогенного воздействия.

Список литературы

1. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь / под ред. А.М. Никанорова. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 238 с.

2. 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.
3. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / под ред. Л.А. Кутиковой и Я.И. Старобогатова. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 512 с.
4. Руфова А.А., Ксенофонтова М.И., Ябловская П.Е. Оценка содержания биогенных элементов в водах озер г. Якутска // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2013. – № 8-1. – С. 75-77.
5. Руфова А.А., Ксенофонтова М.И., Трофимова Л.Н. Содержание некоторых микроэлементов в воде оз. Сайсары // Наука и образование. - 2013. – № 3 (71). – С. 139-141.
6. Татаринова А.В., Салова Т.А. Гидробиологическая характеристика озер, расположенных на территории г. Якутска // Питьевая вода в XXI веке : материалы научно-практической конференции с международным участием (Иркутск, 23-28 сентября 2013 г.). – Иркутск : Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2013. – С. 77-78.

Рецензенты:

Саввинов Д.Д., д.б.н., профессор ФГАУ «СВФУ им. М.К. Аммосова», г. Якутск.

Барашкова Н.В., д.с.-х.н., профессор, зав. лаб. ФГБНУ «ИБПК СО РАН», г. Якутск.