

КИСЛОРОДНЫЙ РЕЖИМ ОЗЕРА ХАЛАКТЫРСКОГО (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

А. Е. Голованева

Камчатский государственный технический университет, Россия

Поступила в редакцию 26 сентября 2016 г.

Аннотация: В статье представлены данные о содержании растворенного кислорода в озере Халактырском в 2013-2015 годы. Изучена сезонная динамика газового режима на различных станциях исследования (места сброса коммунально-бытовых и нагретых вод ТЭЦ-2, центральная часть акватории, место впадения река Кирпичной).

Ключевые слова: растворенный кислород, озеро Халактырское, река Кирпичная, Камчатка, ТЭЦ-2, коммунально-бытовые сточные воды, фотосинтез, нефтепродукты, эвтрофирование, антропогенное воздействие.

Abstract: The article presents data on the content of dissolved oxygen in the Khalaktyrskoye Lake in 2013-2015. Seasonal dynamics of the gas regime at various research stations (places of communal-domestic and heated waters discharge of the combined heat and power plant, the central part of the water area, the place of the confluence of the Kirpichnaya River) has been studied.

Key words: dissolved oxygen, the Khalaktyrskoye Lake, the Kirpichnaya River, Kamchatka, combined heat and power plant, municipal wastewater, photosynthesis, oil products, eutrophication, anthropogenic impact.

Растворенный кислород – важнейший компонент природных вод, который в значительной степени определяет интенсивность протекания процессов в гидробиохимических системах [5]. Количество растворенного в воде кислорода регулирует биохимические процессы в водоеме. Наличие достаточного для водоема растворенного кислорода благоприятно влияет на развитие и функционирование водной флоры и фауны.

В природных и загрязненных водоемах непрерывно идут процессы потребления и одновременно пополнение кислорода. Запасы растворенного кислорода в воде ограничены из-за того, что растворимость его невелика. При температуре, близкой к нулю, в воде может раствориться 14,7 мг/л, при обычных летних температурах воды растворимость не превышает 8-9 мг/л [2]. Содержание растворенного кислорода в водоеме существенно для аэробного дыхания и является индикатором фотосинтеза. Кислородный режим – чуткий показатель уровня загрязнения природных вод.

Изучение содержания растворенного кислорода в озере Халактырском (юго-восточная Камчат-

ка) актуальные с практической точки зрения, так как водоем имеет рыбохозяйственное значение.

Озеро Халактырское расположено в восточной окраине г. Петропавловска-Камчатского и используется в качестве приемника коммунально-бытовых сточных вод. В озеро поступают нагретые воды ТЭЦ-2 и загрязняющие вещества с водами реки Кирпичной. Изучению процессов антропогенного воздействия на воды озера Халактырское ранее практически не уделялось внимание.

В ходе определения антропогенного воздействия на озеро Халактырское была изучена сезонная динамика содержания растворенного кислорода в поверхностном слое воды в 2013-2015 годы. При исследовании содержания растворенного кислорода использовалась методика выполнения измерений йодометрическим методом (по Винклеру) [6].

Для определения степени насыщения кислородом воды озера Халактырского использовалась величина концентрации насыщенного раствора кислорода в воде, определяемая, исходя из температуры воды, зафиксированной в момент отбора пробы.

В работе приведены статистически обработанные данные, полученные при проведении анали-

зов проб воды озера Халактырского, с учетом случайных погрешностей.

Отбор проб в акватории озера Халактырского осуществлялся на нескольких станциях (центр акватории; выпуск сточных вод ТЭЦ-2; коммунально-бытовые сточные воды п. Халактырка; устье реки Кирпичной; коммунально-бытовые сточные п. Дальний).

Сезонная динамика содержания растворенного кислорода в зависимости от температуры на станции «Центральная часть акватории» выглядит следующим образом.

В периоды осеннего охлаждения и ледостава при значениях температуры 1,0-8,0°C наблюдается дефицит растворенного кислорода, а в летний период происходит перенасыщение природной воды, что не соответствует нормальному процессу насыщения. Причинами перенасыщения природной воды растворенным кислородом могут являться: интенсивно протекающий в летний период фотосинтез с участием фитопланктона и поступление кислорода с дождевыми водами, которые обычно перенасыщены этим газом [10].

Основной причиной перенасыщения на данной станции в летний сезон является активная деятельность фотосинтетиков, поскольку в этот период наблюдалось активное «цветение» водоема.

Фотосинтез является фундаментом всех биологических процессов [4], в ходе которого, в результате разложения углекислоты, из каждой ее молекулы выделяется молекула свободного кислорода [2].

Схема сезонного развития фитопланктона в водоеме в зависимости от условий перемешивания выглядит следующим образом. В период весенней гомотермии биомасса и продукция фитопланктона малы, поскольку водная масса интенсивно перемешивается и планктон уносится вглубь водоема. В этот период преимущественно развиваются быстропогружающиеся водоросли, в частности диатомовые, обладающие тяжелой оболочкой [11]. Затем по мере увеличения интенсивности солнечной радиации, сопровождаемого ростом температуры воды и появлением стратификации, увеличивается биомасса водорослей, но это уже преимущественно зеленые и сине-зеленые [1].

Летние же формы диатомовых развиваются только в зонах с хорошо развитым турбулентным перемешиванием [3]. В осенний период стратификация нарушается, перемешивание увеличивается, но концентрация водорослей и первичная продукция при этом уменьшаются, поскольку снижается

и освещенность, и температура воды, а период пребывания клеток в эпилимнионе сокращается.

Однако, помимо положительной роли, фотосинтезики играют и отрицательную роль в жизни водных объектов, поскольку они заметно потребляют кислород в ночное время, особенно при неблагоприятных метеорологических ситуациях. Так, в период массового размножения синезеленых в мелком гипертрофном озере концентрация кислорода в верхнем слое воды может колебаться от 212% (день) до 38% (ночь) от равновесной [12].

Обедненность или лишенность вод растворенным кислородом ведет к состоянию анаэробности, при котором ферментизация оказывается основным механизмом продуцирования энергии - механизмом, в результате которого происходит выделение в воду таких восстановительных газов, как метан (CH_4), сероводород (H_2S) и аммиак (NH_3). Перечисленные газы могут не только ухудшать вкус воды, но и оказываться токсичными как, в частности H_2S [9].

Снижение содержания растворенного в воде кислорода на станции «Центральная часть акватории» осенью и зимой объясняется уменьшением активности фотосинтетиков и тратой растворенного кислорода на окисление детрита.

Озеро Халактырское относится к категории сточных. Река Кирпичная – основной источник питания озера. Она берет свое начало на склонах восточного хребта из небольшого (0,7 × 0,2 км) озера Плоского. Общая длина реки 14 км [8]. Изменчивость содержания растворенного кислорода в месте впадения реки Кирпичной как и на предыдущей станции имеет сезонную изменчивость. Высокие значения растворенного в воде кислорода наблюдались при низкой температуре в июле, что обосновано частыми осадками и активностью процессов фотосинтеза. Уменьшение содержания растворенного кислорода в августе могло быть вызвано повышением температуры воды, а также, возможно, это было спровоцировано расходом кислорода на окисление нефтепродуктов, содержание которых превышало ПДК в воде реки Кирпичной в 2 раза. Уменьшение растворенного кислорода в октябре сопровождалось снижением температуры и отмиранием органики.

В озеро Халактырское поступают нагретые воды, сбрасываемые предприятием теплоэнергетики ОАО «Камчатскэнерго» ТЭЦ-2.

Нарушение температурного режима водоемов, вызываемое сбросом теплых вод промышленны-

ми предприятиями, прежде всего тепловыми и атомными электростанциями, представляет собой физическое загрязнение, которое приводит к разрушению, угнетению или перестройке водных биоценозов.

В условиях теплового воздействия увеличивается поступление в воду биогенных элементов, приводящее к эвтрофикации водоемов вплоть до «цветения» воды, что наблюдалось на озере Халактырском в период летних исследований. Из-за этого явления уменьшается видовое разнообразие первичных продуцентов: отмирают холоднолюбивые диатомовые водоросли и увеличивается численность синезеленых, некоторые из них выделяют токсины, ухудшают питание беспозвоночных [7].

Данные, полученные в месте выпуска сточных вод ТЭЦ-2, по растворенному кислороду, свидетельствуют о нестабильности степени растворения газа в воде. Высокие температуры летом (июль, август) сопровождались повышением растворенного кислорода, что также свидетельствует о перенасыщении, но, несмотря на снижение температуры в период осеннего охлаждения, зимнего ледостава и весеннего нагревания, содержание растворенного кислорода заметно снизилось и возник дефицит газа в воде. Такие колебания кислорода в месте смешения нагретых вод ТЭЦ-2 с озерной могли образоваться вследствие бурного «цветения» водной растительности летом.

Острой проблемой является влияние коммунально-бытового хозяйства на гидрохимические, гидробиологические, гидрофизические и другие процессы в водоемах. Поскольку сточные воды коммунально-бытового происхождения представляют собой сложную смесь компонентов самой различной химической природы и агрегатного состояния – нередко их температура выше температуры воды водоема, в который они поступают. В сточных водах постоянно идут многообразные процессы трансформации, усложняющиеся при смешении с природной водой. При этом в значительной мере нарушаются процессы естественного самоочищения природной воды, происходит антропогенное эвтрофирование водных объектов, особенно озер и водохранилищ (интенсивное развитие фитопланктона, зарастание прибрежных мелководий высшей водной растительностью).

Коммунально-бытовое хозяйство Камчатского края использует озеро Халактырское в качестве приемника сточных вод. Анализ проведенных исследований на станции «Выпуск коммунально-бытовых сточных вод п. Халактырка» и на станции

«Выпуск коммунально-бытовых сточных вод п. Дальний» подтверждает сезонную динамику растворенного кислорода. Газовый режим в зимний период, период осеннего охлаждения и весеннего нагревания характеризуется дефицитом растворенного кислорода, поскольку деструкционные процессы в водоеме преобладают над продукционными. Летний период сопровождается продуцированием кислорода, перенасыщая воду кислородом, данное явление характерно для всех исследуемых станций. Отклонение в сторону дефицита может происходить вследствие поступления большого количества органических веществ, сопровождаемого тратой кислорода на окисление.

Таким образом, в результате исследования можно определить степень загрязненности водоема по показателям, полученным в неактивный фотосинтетический период, когда не наблюдалось перенасыщения воды растворенным кислородом. Поскольку станции исследования «Место выпуска сточных вод ТЭЦ-2», «Место выпуска коммунально-бытовых сточных вод п. Халактырка», «Место выпуска коммунально-бытовых сточных вод п. Дальний» и станция «Место впадения р. Кирпичной» являются источниками точечного антропогенного воздействия, то для оценки степени загрязненности этого водоема необходимо использовать значения на станции «Центральная часть акватории» (5,3-8,9 мг/л). Данные значения, полученные в период ледостава, позволяют охарактеризовать водоем как умеренно загрязненный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анциферова Г. А. Состояние водной среды Воронежского водохранилища в связи с экологической ситуацией в Масловском затоне / Г. А. Анциферова, Е. В. Беспалова // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2016. – № 2. – С. 91-100.
2. Дранчев С. М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками / С. М. Дранчев. – Ленинград : Наука, 1964. – 272 с.
3. Кожова О. М. Водообмен и интенсивность вегетации фитопланктона Братского водохранилища / О. М. Кожова // Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. – Новосибирск : Наука, 1975. – С. 72-76.
4. Комиссаров Г. Г. Фотосинтез: физико-химический подход / Г. Г. Комиссаров. – Москва : Едиториал УРСС, 2006. – 224 с.
5. Локтионова Е. Г. Определение содержания растворенного кислорода и биологического потребления кислорода для оценки качества речной воды / Е. Г. Локтионова, Л. В. Яковлева // Экология и промышленность России. – Астрахань, 2011. – С. 34-35.

6. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод / Ю. Ю. Лурье. – Москва : Химия, 1973. – 376 с.
7. Русова Н. И. Эколого-биологическое качество вод озер Рамза и Симерка в долине реки Вороны (государственный природный заповедник «Воронинский») / Н. И. Русова // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 87-93.
8. Толстяк Т. И. Состояние запасов, регулирование промысла и воспроизводство тихоокеанских лососей : отчет по теме / Т. И. Толстяк, Б. Б. Вронский // Ихтиофауна Халактырского озера. – Петропавловск-Камчатский : Издательство КамчатНИРО, 1974. – 32 с.
9. Хендерсон-Селлерс Б. Инженерная лимнология / Б. Хендерсон-Селлерс. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1987. – 335 с.
10. Хурина О. В. Чаша чистой воды – мечта города / О. В. Хурина, В. А. Березовская // Экология и жизнь. – 2010. – № 12. – С. 72-76.
11. Bella D. A. Simulating the effect of sinning and vertical mixing on algal population dynamics / D. A. Bella // J. Water Pollut. Contr. Fed. – 1970. – Vol. 42, No. 5, pt. 2. – P. 140-152.
12. Dynamics of dissolved oxygen in a hypereutrophic lake: Lake Kasumigaura, Japan / K. Kuroiwa [et al.] // Water, Air and Soil Pollut. – 1979. – Vol. 12, No. 1. – P. 255-264.
3. Kozhova O. M. Vodoobmen i intensivnost' vegetatsii fitoplanktona Bratskogo vodokhranilishcha / O. M. Kozhova // Krugovorot veshchestva i energii v ozernykh vodoemakh. – Novosibirsk : Nauka, 1975. – S. 72-76.
4. Komissarov G. G. Fotosintez: fiziko-khimicheskiy podkhod / G. G. Komissarov. – Moskva : Editorial URSS, 2006. – 224 s.
5. Loktionova E. G. Opredelenie sodержaniya rastvorenogo kisloroda i biologicheskogo potrebleniya kisloroda dlya otsenki kachestva rechnoy vody / E. G. Loktionova, L. V. Yakovleva // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – Astrakhan', 2011. – S. 34-35.
6. Lur'e Yu. Yu. Unifitsirovannye metody analiza vod / Yu. Yu. Lur'e. – Moskva : Khimiya, 1973. – 376 s.
7. Rusova N. I. Ekologo-biologicheskoe kachestvo vod ozer Ramza i Simerka v doline reki Vorony (gosudarstvennyy prirodnyy zapovednik «Voroninskiy») / N. I. Rusova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. Geoekologiya. – 2013. – № 1. – S. 87-93.
8. Tolstyak T. I. Sostoyanie zapasov, regulirovanie promysla i vosproizvodstvo tikhoookeanskikh lososey : otchet po teme / T. I. Tolstyak, B. B. Vronskiy // Ikhtiofauna Khalaktyrskogo ozera. – Petropavlovsk-Kamchatskiy : Izdatel'stvo KamchatNIRO, 1974. – 32 s.
9. Khenderson-Sellers B. Inzhenernaya limnologiya / B. Khenderson-Sellers. – Leningrad : Gidrometeizdat, 1987. – 335 s.
10. Khurina O. V. Chasha chistoy vody - mechta goroda / O. V. Khurina, V. A. Berezovskaya // Ekologiya i zhizn'. – 2010. – № 12. – S. 72-76.
11. Bella D. A. Simulating the effect of sinning and vertical mixing on algal population dynamics / D. A. Bella // J. Water Pollut. Contr. Fed. – 1970. – Vol. 42, No. 5, pt. 2. – P. 140-152.
12. Dynamics of dissolved oxygen in a hypereutrophic lake: Lake Kasumigaura, Japan / K. Kuroiwa [et al.] // Water, Air and Soil Pollut. – 1979. – Vol. 12, No. 1. – P. 255-264.

REFERENCES

Голованева Анна Евгеньевна
аспирант Камчатского государственного технического университета, г. Петропавловск-Камчатский, т. 89246964326, E-mail: golovaneva.an@yandex.ru

Golovaneva Anna Yevgen'yevna
Post-graduate student of Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, tel. 89246964326, E-mail: golovaneva.an@yandex.ru