

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ЦИКЛА СЕРЫ В ВОДЕ ОЗЕРА СВЯТОЕ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

К.В. Титова, Н.М. Кокрятская, Т.А. Жибарева

ФИЦКИА РАН, г. Архангельск, Россия, ksyu_sev@mail.ru

В поверхностной воде наиболее устойчивой формой серы является сульфат-ион. При дефиците кислорода, распаде органических веществ (ОВ), происходит восстановление сульфата до сероводорода (сульфат-редукция), осуществляемое при участии анаэробных микроорганизмов – сульфатредуцирующих бактерий (СРБ). Наличие H_2S в придонных слоях водного объекта обычно служит показателем сильного загрязнения его ОВ, признаком острого дефицита кислорода и развития заморных явлений. Высокая токсичность H_2S и специфичный запах, который резко ухудшает органолептические свойства воды, делают ее непригодной для питьевого водоснабжения и других хозяйственных целей (РД 52.24.450-2010).

Целью данной работы являлось изучение процесса сульфатредукции по распределению соединений серы (сероводорода и сульфатов) в зимний период в воде оз. Святое (N 60.86018; E 039.51455) на его мелководной станции, для которой ранее отмечалось возникновение заморных явлений.

Озеро Святое является мезотрофным (Shirokova, 2013) со средним удельным водосбором и средним условным водообменом, а мелководная часть (глубина до 4 м) – с замедленным водообменом (Климов, 2008). В химическом составе озерной воды преобладают Ca^{2+} и HCO_3^{2-} , pH изменяется от 7,9 до 6,6. В зимний период (март) воды содержали кислород по всей толще, в придонных слоях концентрация растворенного кислорода составляла 1–2 мг/л (Shirokova, 2013) и менее 1 мг/л. В результате ветрового перемешивания в летний период (июль) вода по всей толще насыщена кислородом (Кокрятская, 2012).

Содержание растворенного органического углерода изменялось от 15 до 20 мг/л; отмечено устойчивое снижение (на 20–30 %) его концентрации книзу в зимний период и довольно постоянное вертикальное распределение в летнее время (Shirokova, 2013). Концентрация HCO_3^{2-} увеличивалась от поверхности до дна в среднем в 1,2 раза, что может быть связано с анаэробной минерализацией органического углерода, сопряженной с восстановлением сульфатов (Беляев, 1981), и разгрузкой грунтовых вод из подстилающих карбонатных пород. Для южной мелководной части озера отмечено влияние стоков до 2010 г. действовавшего маслозавода и поселка Климовская – по периодической минимальной деструкции ОВ при высокой продукции (Широкова, 2008), заметному содержанию (до 7 КОЕ/мл) представителей бактерий группы кишечной палочки в период весеннего

половодья (Широкова, 2006); значительному возрастанию количеств фосфатов в придонном слое воды в зимний период (Кокрятская, 2012).

Среднее содержание H_2S в воде мелководной станции оз. Святое в зимний период наблюдений с 2008 по 2009 гг. составляло 8,9 мкг/л и изменялось в интервале от 3,3 до 13,4 мкг/л. Для поверхностных слоев воды в этот период отмечены высокие значения отношения C/N (до 62) (Shirokova, 2013) для растворенного ОВ, что говорит о большой доле аллохтонной составляющей гуминовой природы в поступающем ОВ в период открытой воды.

К 2016 г. среднее содержание H_2S снизилось в 1,5 раза, изменяясь в интервале от 3,1 до 8,6 мкг/л. Содержание сульфатов, как и ранее, у дна в среднем составляло 9,6 мг/л. Установлено снижение содержания ОВ от его поверхности ко дну на 30 % (до 20 мг/л в пересчете на органический углерод). Кислородом был насыщен только поверхностный метровый горизонт, ко дну его содержание падало практически до нуля. Таким образом, условия среды, необходимые для жизнедеятельности СРБ (анаэробная зона, рН, наличие ОВ и сульфатов) имели место, а сульфатредукция в воде протекала вяло. Причиной тому может быть недоступность ОВ вследствие его недостаточной минерализации. Кроме того, произошло снижение диффузии H_2S из донных отложений, обусловленное некоторым «затуханием» процесса сульфатредукции (на подтверждение этого факта указывают снижение количеств соединений восстановленной серы в верхнем горизонте осадков (сульфидных форм), увеличение содержания органического углерода в среднем на 0,9 % по сравнению с периодом исследований 2008–2009 гг.

Таким образом, при проведении мониторинговых работ установлено, что для водной толщи южной мелководной части оз. Святое, ранее находившейся под воздействием стоков маслозавода, после прекращения его деятельности наблюдается сохранение дефицита кислорода в нижних слоях воды, связанное, скорее всего, с затратой его на окисление ОВ; метана и водорода, диффундирующих из донных отложений (Кузнецов, 1952); интенсивность же сульфатредукции в донных отложениях снизилась.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект мол_а № 16-35-00025), в рамках ФНИР 041020140026.

K.V. Titova, N.M. Kokryatskaya, T.A. Zhibareva. Monitoring of sulphur cycle compounds in Lake Svyatoye water (Arkhangelsk region). Sulfate reduction in the water in the shallow waters of Lake Svyatoye nowadays became weaker comparing to 2008-2009 and the intensity of the process in sediments has decreased.