

МОДЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РЕЖИМ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В МОЖАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Соколов Д. И.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: Dmitriy.Sokolov@yandex.ru

К числу важнейших факторов формирования качества воды источников водоснабжения относится гидрометеорологическое воздействие на водоем, прежде всего, погодные условия. Современные климатические изменения и проявления аномальных синоптических ситуаций делают актуальной проблему прогноза качества воды при экстремальных воздействиях на экосистему водоемов источников водоснабжения.

Один из наиболее важных показателей качества воды природных водоемов – содержание в воде органических веществ (ОВ). Широко используемый в гидрохимической практике косвенный показатель содержания ОВ – бихроматная окисляемость воды (БО) строго нормируется для источников питьевого водоснабжения [2].

Объектом для оценки влияния экстремальных гидрометеорологических условий на режим ОВ в водохранилищах выбран головной водоем Москворецкого источника водоснабжения г. Москвы – детально изученное Можайское водохранилище (55°35' с.ш., 35°50' в.д.). Инструментом для расчетов гидроэкологического режима водохранилища послужила квазидвумерная математическая модель водохранилищ ГМВ-МГУ [4], разработанная на кафедре гидрологии суши географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, адаптированная к большинству водохранилищ системы водоснабжения г. Москвы и надежно верифицированная [1].

Для решения поставленной задачи разработана серия сценарных модельных расчетов развития погодных условий, режима сработки и наполнения водохранилища при различной водности весеннего половодья, которые в водохранилищах замедленного водообмена во многом определяют режим содержания ОВ в вегетационный период.

Основой для сценарных расчетов послужил обычный по климатическим характеристикам средневодный 2012 г. (обеспеченность годового притока воды 34 %, объема половодья – 62 %). Для моделирования аномально жаркого летнего периода использованы данные 2010 г., самого жаркого за последние полвека. Для моделирования маловодного половодья использовались данные 1996 г. (обеспеченность объема половодья 98,7 %), многоводного – данные 1970 г. (обеспеченность половодья 1,3 %).

В отдельной группе сценариев с жарким периодом рассматривалось влияние на содержание ОВ изменений внешней биогенной нагрузки на водоем (от пятикратного уменьшения до пятикратного увеличения в период половодья либо в течение всего года).

В условиях аномально жаркой погоды, согласно расчетам, происходит некоторое увеличение биомассы фитопланктона; при этом, очевидно, возрастает продукция автохтонного ОВ, и следует ожидать роста значений БО во второй половине лета. Однако, как следует из результатов модельных расчетов, само по себе повышение температуры воздуха в летний период не приводит к существенным изменениям режима окисляемости воды. Более значимым различием сценариев с жарким периодом и без него является разная приточность. В летний период 2012 г. на притоках водохранилища проходили дождевые паводки, и в верховья водохранилища поступали речные водные массы с высокой БО (более 30 мг О/л), обусловленной поверхностным смывом с водосбора аллохтонных ОВ. В то же время в сценарии с аномально жарким периодом (данные 2010 г.) паводки отсутствовали, поэтому значения БО ниже, чем по сценарию без жаркого периода (в верховьях водохранилища разница достигает 4 мг О/л).

Существеннее, чем наличие аномально жаркого летнего периода, на режиме содержания ОВ сказываются различные условия весеннего наполнения и уровневый режим в вегетационный период.

При максимальной предполоводной сработке водоема и малом объеме притока в половодье водохранилище оказывается наполненным до отметки на 5 м ниже НПУ; к осени уровень снижается еще на 1–2 м. За счет поддержания пониженного уровня воды возрастает проточность водохранилища, доля речного стока в водном балансе и его роль в формировании состава и качества воды. Ярче прослеживается влияние на режим БО чередования паводков (когда речные воды богаты аллохтонным ОВ) и меженных периодов (когда БО речных вод низка), особенно в верховьях водохранилища. Речные водные массы паводков при низком уровне воды меньше трансформируются при поступлении в верховья водохранилища, сохраняя высокое содержание ОВ, и быстрее продвигаются в сторону

плотины, подвергаясь меньшему смешению с водами водохранилища и раньше вытесняя зимнюю водную из придонных горизонтов низовьев. Речные водные массы межлетнего периода, характеризующиеся пониженными значениями БО, при низком уровне занимают больший объем, продвигаясь в сторону плотины в придонных горизонтах. Кроме того, при низком уровне в верхнем районе водохранилища согласно результатам расчетов угнетается «цветение» синезеленых, снижается продукция автохтонного ОВ, что приводит к уменьшению значений БО и в поверхностном слое верхних отсеков водохранилища.

В сценариях с минимальной предположительной сработкой водоема и многоводным половодьем водохранилище быстро оказывается наполненным до отметки, близкой НПУ, и эта отметка поддерживается в течение всего летнего периода. Таким образом, по режиму уровня в летний период данные сценарии близки к условиям 2012 г. и 2010 г. Основное же отличие сценариев с высоким половодьем от этих лет заключается в объеме поверхностного притока и составе речной воды в период весеннего наполнения водохранилища. Именно в период половодья в водоем поступает основное количество автохтонных ОВ, сопоставимое с запасами ОВ в водных массах самого водохранилища [3]. В многоводные годы речная водная масса периода половодья характеризуется максимальными значениями БО, в условиях повышенной проточности в период наполнения продвигается глубже в водохранилище, занимает больший его объем и вытесняет больший объем зимней водохранилищной водной массы. Этим обусловлено большее (примерно на 2 мг О/л БО) фоновое содержание ОВ во всем водохранилище в течение всего рассматриваемого периода в сценариях с многоводным половодьем по сравнению с базовым сценарием (2012 г.) и сценарием с жарким летом.

Наиболее существенные изменения в режиме ОВ согласно результатам модельных расчетов происходят при изменениях внешней биогенной нагрузки на экосистему водохранилища. Основная причина изменений величины БО в сценариях данной группы – продукция свежего ОВ планктонного происхождения. Изменения биогенной нагрузки отражаются на содержании ОВ уже в мае в начале весеннего всплеска «цветения» диатомовых водорослей: разница значений БО в поверхностных горизонтах между сценариями с минимальной и максимальной нагрузкой достигает 2 мг О/л. В середине июня при минимальной биогенной нагрузке значения БО в основном объеме водохранилища не превышают 20 мг О/л, при пятикратно увеличенной – превышают 30 мг О/л, достигая 35 мг О/л над слоем плотностного скачка, где часть ОВ может задерживаться. В июле–августе в период максимального развития синезеленых, а также и осенью после разрушения слоя скачка и выравнивания вертикального градиента БО, при минимальной биогенной нагрузке значения БО в водохранилище не превышают 25 мг О/л, при максимальной – составляют более 40 мг О/л.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №13-05-00137а и №15-05-06108а.

Список использованных источников

1. Даценко Ю.С., Ерина О.Н., Пуклаков В.В., Соколов Д.И. Оценка возможности моделирования режима экологически значимых характеристик качества воды водохранилищ Московского региона // Сборник трудов II открытой конференции Научно-образовательного центра «Ресурсы и качество вод суши: оценка, прогноз и управление». ИВП РАН. Москва, 2012. С. 107–118.
2. СанПиН 2.1.5.980–00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. М.: Минздрав России, 2000. 23 с.
3. Соколов Д.И. Влияние водохранилищ на изменение окисляемости и цветности речной воды (на примере источников водоснабжения г. Москвы) // Дис. ... канд. геогр. наук. М., МГУ, 2013. 179 с.
4. Пуклаков В.В. Гидрологическая модель водохранилища. Руководство для пользователей. М.: ГЕОС, 1999. 96 с.