

## ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА ИСТРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ НАСТУПЛЕНИИ ЭКСТРЕМАЛЬНО ЖАРКОЙ ПОГОДЫ

*Ерина О.Н.*

Московский государственный университет, Москва

E-mail: tamiblack@yandex.ru

Синоптические условия играют важнейшую роль в формировании кислородного режима долинных водохранилищ умеренной зоны в летний период. Определяя устойчивость водного столба, погодные условия влияют на скорость обмена кислородом между эпилимнионом, где происходит его продуцирование, и гиполимнионом, где растворенный кислород расходуется на дыхание и деструкцию органического вещества. Вследствие истощения запасов растворенного кислорода в придонных слоях там начинают развиваться болезнетворные бактерии, что особенно опасно для водоемов, используемых в целях водоснабжения и рекреации.

В данной работе приведены количественные оценки влияния экстремально жаркой погоды в летний период на кислородный режим Истринского водохранилища, самого продуктивного в Московщезской системе водоснабжения г. Москвы (ранее подобная работа была проделана для Можайского водохранилища [1]). В качестве инструмента исследования использована гидрологическая модель водохранилища ГМВ-МГУ [2], надежно верифицированная и доказавшая свою адекватность при решении подобных задач. Вначале была разработана серия сценариев, по которым и проводились модельные расчеты. За основу был взят средний по водности 2012 год, в качестве жаркого периода использованы гидрометеорологические данные аномального лета 2010 года. Кроме того, влияние жаркого периода рассматривалось в сочетании с различными условиями предполоводной сработки и весеннего наполнения водохранилища, разными поддерживаемыми во время экстремальных погодных условий уровнями. Также было оценено воздействие изменения внешней биогенной нагрузки на водоем (ее увеличения и уменьшения в 5 раз в сочетании с наступлением жаркого периода).

Основными особенностями кислородного режима Истринского водохранилища является увеличение содержания растворенного кислорода в эпилимнионе в мае вследствие развития диатомовых водорослей. В летний период содержание  $O_2$  в поверхностных слоях растет в периоды развития синезеленых водорослей, в остальное время находясь в пределах 8-10 мг/л. В гиполимнионе в летний период также наблюдается постепенное истощение запасов кислорода. При этом стоит отметить, что наихудшие кислородные условия в Истринском водохранилище в 2012 году по расчетам наблюдаются в середине июля, тогда как при наступлении жаркого периода ситуация продолжает ухудшаться и максимальный объем гипоксидной зоны будет наблюдаться в середине августа. По окончании жаркого периода водная толща постепенно обогащается кислородом, однако полного перемешивания не происходит и обедненные кислородом водные массы сохраняются в приплотинном районе в придонных горизонтах вплоть до начала октября. Период существования в водохранилище неблагоприятных кислородных условий при наличии жаркого периода увеличивается на 15 суток (от 119 до 134), а максимальный объем водных масс с содержанием растворенного кислорода менее 2 мг/л в середине августа увеличивается на 3 млн  $m^3$  (от 69 до 72 млн  $m^3$ , что составляет 45% от объема водохранилища) по сравнению с 2012 годом. При этом влияние жары на содержание растворенного кислорода в эпилимнионе не проявляется, диапазон изменения концентраций летом в поверхностном горизонте остается неизменным и находится в пределах от 6,5 до 14,2 мг/л.

Содержание растворенного кислорода в весенний период значительно варьирует в зависимости от предполоводной сработки и условий наполнения водохранилища. При малой проточности водохранилища в период наполнения в середине мая может наблюдаться повышенное содержание кислорода в верхних слоях (до 14 мг/л) вследствие развития диатомовых водорослей. При заполненном водохранилище перед началом половодья и пропуске половодья транзитом в это же время содержание РК будет находиться в пределах 10 мг/л.

В летний период при низком половодье и минимальном объеме водохранилища в случае возникновения жаркого периода увеличения содержания растворенного кислорода в эпилимнионе не наблюдается, тогда как его запасы истощаются заметно сильнее, чем при отсутствии жаркой погоды. Это связано с устойчивостью плотностной стратификации, которая в течение всего жаркого периода ни разу не нарушается ветровым воздействием, в результате чего не происходит поступления растворенного кислорода в гиполимнион из вышележащих слоев.

Наступление жаркого периода летом при минимальной предполоводной сработке водохранилища и высоком половодье практически не отличается от описанного выше для максимальной сработки

водохранилища зимой и низкого половодья. Несмотря на то, что объем обедненных кислородом водных масс возрастает (увеличивается мощность гипolimниона), доля этих водных масс в объеме водохранилищ одинакова вне зависимости от сработки в зимний период и составляет 42–45%. При наличии жаркого периода к середине августа объем гипоксидной водной массы примерно на 5 млн м<sup>3</sup> больше, чем в обычное лето.

Аналогичным образом на кислородном режиме Истринского водохранилища сказывается и влияние уровня водоема в летний период. При поддержании высокого уровня сильно увеличивается объем гипоксидной зоны (с содержанием РК менее 2 мг/л) и зоны с неблагоприятными кислородными условиями (менее 6 мг/л) – при низком уровне эти величины составляют 29 и 38 млн м<sup>3</sup>, тогда как при высоком – 86 и 107 млн м<sup>3</sup>. В то же время относительная доля объема этих зон в общем объеме водохранилища изменяется не столь сильно, объем гипоксидной зоны колеблется от 42% при низком до 50% при высоком, а зоны с неблагоприятными кислородными условиями – от 55% при низком до 62% при высоком уровне. При этом диапазон изменения содержания растворенного кислорода в поверхностном слое водоема в летний период от уровня воды не зависит и одинаков для разных уровней – от 6,5 до 14,0 мг/л. Незначительно меняется и период существования неблагоприятных кислородных условий в водоеме (от 106 суток при высоком уровне до 112 при низком).

Вне зависимости от того, какая уровенная отметка поддерживается в течение всего жаркого периода, в середине июля кислород исчезает уже на глубине 4 м.

Сильнее всего кислородный режим изменяется при росте и снижении биогенной нагрузки. При увеличенном в 5 раз притоке аммонийного азота и минерального фосфора содержание кислорода в эпилимнионе в весенний период достигает 19 мг/л, тогда как при уменьшенной в 5 раз биогенной нагрузке концентрации не превышают 11 мг/л. В летний период при повышенном притоке биогенных элементов в поверхностных слоях отмечается сравнительно высокое содержание растворенного кислорода. Однако в случае с уменьшенной нагрузкой несмотря на отсутствие высоких концентраций в эпилимнионе не происходит и столь интенсивного развития зоны гипоксии. При сходном объеме водохранилища доля обедненных РК водных масс при пониженной нагрузке не превышает 39%, тогда как при повышенной нагрузке это значение равно 50%.

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

#### Список использованных источников

1. Ерина О.Н. Прогностические оценки изменения кислородного режима и качества воды в Можайском водохранилище в экстремально жаркую погоду // Вестник Моск. ун-та. Серия 5: география. Вып. 6, 2014. С.10–15.
2. Пуклаков В.В. Гидрологическая модель водохранилища. Руководство для пользователей. М.: ГЕОС, 1999. 96 с.