

**Расчет цветности воды слабопроточных водоемов при помощи
математического моделирования
Соколов Дмитрий Игоревич
аспирант**

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Географический факультет, Москва, Россия
E-mail: fabuliste@rambler.ru*

Цветность воды (ЦВ) – один из важных показателей качества воды, характеризующий содержание в воде окрашенных гуминовых и фульвокислот. Высокая ЦВ – основной недостаток верхневолжских водохранилищ при их эксплуатации для водоснабжения городов. В этих условиях изучение режима ЦВ в водохранилищах Верхней Волги приобретает важнейшее практическое значение. Особенный интерес представляет Иваньковское водохранилище, служащее основным источником водоснабжения г. Москвы [2].

Хотя ЦВ относится к относительно консервативным показателям, наблюдения показывают, что в условиях замедления водообмена в водохранилищах в результате внутриводоемных процессов все же происходит частичное снижение содержания органических веществ (ОВ), сопровождаемое обесцвечиванием воды. Эти процессы изучены явно недостаточно, и расчетные методы для оценки трансформации трудноокисляемых ОВ в водоемах до сих пор не применялись.

Возникает вопрос, существует ли необходимость учитывать эффект обесцвечивания при математическом моделировании режима трудноокисляемых ОВ в водоемах, или же допустимо рассматривать ЦВ как консервативный показатель. Иными словами, достаточно ли точными будут модельные расчеты при таком допущении.

При помощи математической модели тепло-массообмена (ТМО) Иваньковского водохранилища [3], созданной на кафедре гидрологии суши МГУ им. М. В. Ломоносова, были проанализированы колебания ЦВ водоема в годы разной водности (1973-77 и 1980-82 гг). При этом ЦВ рассчитывалась как консервативный показатель. Смоделированные таким образом ряды значений ЦВ были сопоставлены с данными фактических наблюдений.

Иваньковское водохранилище в модели ТМО представлено в виде продольной последовательности из 5 расчетных отсеков (РО), состоящих из совокупности горизонтальных слоев толщиной 1 м: РО-I (г. Тверь – с. Городня), РО-II (с. Городня – д. Свердлово), РО-III (д. Свердлово – д. Сурсово), РО-IV (д. Сурсово – о. Клинцы), РО-V (о. Клинцы – Иваньковский гидроузел). Временной шаг модели ТМО составляет 1 сутки [3].

Основным источником использованных в работе данных по содержанию ОВ в Иваньковском водохранилище и его притоках послужила база данных, составленная по материалам регулярных многолетних наблюдений в Волжском источнике водоснабжения г. Москвы, проводимых лабораториями Мосводоканала с частотой 24-26 раз в год. База данных включает информацию о содержании ОВ в водах двух главных притоков Иваньковского водохранилища – Волги и Тверцы. Само Иваньковское водохранилище представлено двумя пунктами. Первый – д. Городня – расположен в верховьях водохранилища (РО-I), второй – 1-я паромная переправа – характеризует состав воды, забираемой в канал им. Москвы из Иваньковского плеса (РО-V).

Сравнение расчетных значений ЦВ с фактическими данными в верховьях водохранилища (РО-I и д. Городня соответственно) не представляет особого интереса, так как роль внутриводоемных процессов в трансформации стока трудноокисляемых ОВ здесь ничтожна. Результаты модельных расчетов для РО-I, где допущение консервативности ЦВ вполне оправдано, хорошо согласуются с данными наблюдений. Значения критерия эффективности S/σ составляют 0,32-0,68, в основном же не превосходят 0,50 (точность хорошая).

Основной же интерес представляет сравнение расчетных значений ЦВ в низовьях водохранилища (РО-V) с данными наблюдений на 1-ой паромной переправе, так как

водные массы, полностью прошедшие водохранилище и достигшие приплотинного плеса, успевают подвергнуться максимальной внутриводоемной трансформации. Значения критерия эффективности S/σ для пяти расчетных лет из восьми превосходят 0,80 (точность неудовлетворительная), и погрешности расчетных методик сопоставимы с естественной изменчивостью ЦВ и даже превосходят ее.

Судя по материалам модельных диагностических расчетов, внутригодовые колебания ЦВ в Иваньковском водохранилище имели сходный характер во все расчетные годы и совпадают с описаниями, приведенными в [1, 4, 5]. Максимальные значения ЦВ Иваньковского водохранилища наблюдались во второй половине весеннего половодья, а также во время летних и осенних дождевых паводков, при поступлении в водоем высокоцветных речных вод. Летом, осенью и особенно зимой цветность воды снижалась в связи с заполнением водохранилища слабоокрашенными меженными речными водами.

Основные закономерности в соотношении расчетных и фактических значений ЦВ в Иваньковском плесе также в той или иной степени проявлялись во все расчетные годы. В периоды замедленного водообмена, когда роль внутриводоемных процессов в разложении трудноокисляемых форм ОВ становилась заметной, расчетные значения ЦВ стабильно превышали фактические данные (в отдельные периоды погрешность достигала 60-70%). Напротив, в фазы повышенного стока и интенсивного водообмена – половодье, паводки – величина ЦВ по результатам модельных расчетов была, как правило, близка к фактическим данным или ниже их на 5-15% (до 30%).

В целом же рассчитанные среднегодовые значения ЦВ на 12% превосходят данные наблюдений (в разные годы от 3 до 28%). Таким образом, можно сказать, что при математическом моделировании режима трудноокисляемых ОВ в водоемах необходимо учитывать эффект обесцвечивания, так как при допущении о консервативности ЦВ не удастся достичь удовлетворительной точности модельных расчетов.

Между среднегодовым отклонением рассчитанных значений ЦВ от фактических и суммарным годовым притоком речных вод в водохранилище установлена линейная зависимость с коэффициентом корреляции $r = -0,743$ (длина ряда $n = 8$, $1\% < \beta < 5\%$). Такая обратная связь объясняется двумя причинами. Во-первых, водность года зависит от объема половодья и наиболее крупных паводков на притоках водохранилищ. Речные воды именно в эти фазы стока приносят в водоем наибольшее количество трудноокисляемых ОВ. И, во-вторых, в годы повышенной водности снижается роль внутриводоемных процессов в трансформации ОВ и обесцвечивании воды из-за меньшего в среднем пребывания речных водных масс в водоеме.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 05-05-64220).

Литература

1. Былинкина А. А., Трифонова Н. А. Особенности гидрохимического режима Иваньковского водохранилища в связи с объемом и распределением водного стока // Труды ИБВВ, Рыбинск, 1982. Вып. 50(53). С. 3-20.
2. Иваньковское водохранилище и его жизнь. Л.: Наука, 1978. 304 с.
3. Пуклаков В. В. Гидрологическая модель водохранилища: руководство для пользователей. М.: ГЕОС, 1999. 96 с.
4. Соколов Д. И. Расчет содержания органических веществ в воде Иваньковского водохранилища // Эколого-гидрологические проблемы изучения и использования водных ресурсов: Сборник научных трудов, Казань, 2006. С. 289-292.
5. Фортунатов М. А. Цветность и прозрачность воды верхневолжских водохранилищ // Абиотические факторы биологического круговорота в водоемах, Л., 1971. С. 86-100.