(1.14 ± 0.08 mg O^2/l day) and maximum destruction values of 1.19 ± 0.07 mg O^2/l day. The studied lakes belong to mesotrophic with eutrophic (ITS) features lakes. During the study period, the ratio of A/R in the lakes ranged from 0.3 to 2.4.

СВЯЗЬ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ С РАСХОДОМ ВОДЫ В ПРИТОКАХ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Д. И. Соколов

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

В работе анализируются материалы детальных наблюдений за содержанием органических веществ в воде основных притоков Можайского водохранилища в 1983/84 г. и 2012/13 г. Показана характерная для речных вод прямая связь между показателями содержания органических веществ (цветностью, окисляемостью воды) и расходом воды. Эта связь изменчива в течение года и не может быть эффективно аппроксимирована простой зависимостью. В половодье она имеет выраженную форму петли; цветность и окисляемость речных вод летних и осенних паводков, как правило, выше, чем в половодье.

Качество воды в водохранилищах во многом определяется качеством питающего их речного стока, весьма изменчивым в различные фазы гидрологического режима. При этом давно известно, что между гидрохимическим и водным режимом рек существует тесная связь [Алекин, 1970]. Например, хорошо изучены и могут быть достаточно эффективно параметризованы для конкретных водотоков обратные зависимости минерализации воды от расхода [Пуклаков, Пуклакова, 2013]. При регулировании водного режима водохранилищ наполняют их, как правило, в период весеннего половодья, когда минерализация речных вод минимальна.

Однако для таких важных показателей качества воды, как содержание органических, биогенных веществ, взвесей и др., характерна не обратная, а прямая связь с величиной расхода воды, так как именно в фазы повышенного стока происходит наиболее интенсивный смыв этих веществ с водосбора. Эта связь изменчива в течение года и остается малоизученной.

Показатели содержания органических веществ (ОВ) – цветность и окисляемость воды были и остаются приоритетными при мониторинге качества воды в системе водоснабжения г. Москвы. Объектами настоящего исследования связи содержания ОВ с расходом воды выбраны притоки головного водоема Москворецкого источника водоснабжения г. Москвы – Можайского водохранилища (55°35′ с. ш., 35°50′ в. д.).

Наиболее полные и достоверные полевые наблюдения на Можайском водохранилище и его водосборе проводились по программам «Балансовый год», осуществленным трижды за историю существования водохранилища: в 1968/69 водохозяйственном году (объем годового притока $\Sigma ПР$ = 257 млн м^3, коэффициент водообмена $K_В$ = 1,7 год$^{-1}$) [Комплексные исследования..., 1979], в 1983/84 г. ($\Sigma ПР$ = 263 млн м^3, $K_В$ = 1,4 год$^{-1}$) и с участием автора в 2012/13 г. ($\Sigma ПР$ = 360 млн м^3, $K_В$ = 1,8 год$^{-1}$) [Соколов, 2013].

Особенностью этих годичных циклов детальных комплексных балансовых исследований являлся учащенный отбор проб речных вод в трех основных притоках водохранилища, дающих более 83 % притока воды в него: р. Москве (д. Барсуки), р. Лусянке (д. Черняки) и р. Колочи (в 1968/69 и 1983/84 гг. – у плотины Колочского водохранилища, из которого осуществляется перекачка в Можайское, а в 2012/13 г. – также на самой реке у д. Бородино). В половодье пробы отбирали ежедневно или через день, в межень – несколько раз в месяц. Всего в 1968/69 г. обработано более 250 проб речной воды, в 1983/84 г. – более 480 проб, в 2012/13 г. автором – более 100 проб. В настоящей работе анализируются материалы второго и третьего циклов.

Пробы обрабатывали в химической лаборатории Красновидовской учебно-научной базы географического факультета МГУ. Определяли следующие косвенные показатели содержания ОВ: бихроматную окисляемость (БО) арбитражным методом [Унифицированные методы..., 1973] в модификации А. П. Остапени [Остапеня, 1965], перманганатную окисляемость (ПО) методом Кубеля в кислой среде [Муравьев, 2004], цветность воды (ЦВ) визуально по платиново-кобальтовой шкале. При расхождении результатов соседних определений, превышающем точность методики, анализ производился в 2–3 повторностях.

Достаточно высокая точность определений БО, ПО, ЦВ, а также эффективность использования этих косвенных показателей содержания ОВ при оценке качества воды подтверждается наличием тесной связи между ними и параллельно определявшимся содержанием в воде органического углерода $C_{орг}$ в 57 пробах воды, отобранных в ходе исследований 2012/13 г. [Соколов, 2015].

Прямая связь между объемом речного стока и содержанием в нем ОВ хорошо прослеживается на рис. 1 (колебания водности, цветности и окисляемости воды рек Москвы, Лусянки и Колочи принципиально схожи). Однако также из этого рисунка видно, что при максимальных расходах воды весеннего половодья, во много раз превосходящих расходы летне-осенних паводков, речные воды характеризуются несколько меньшей цветностью и окисляемостью, чем в паводки.

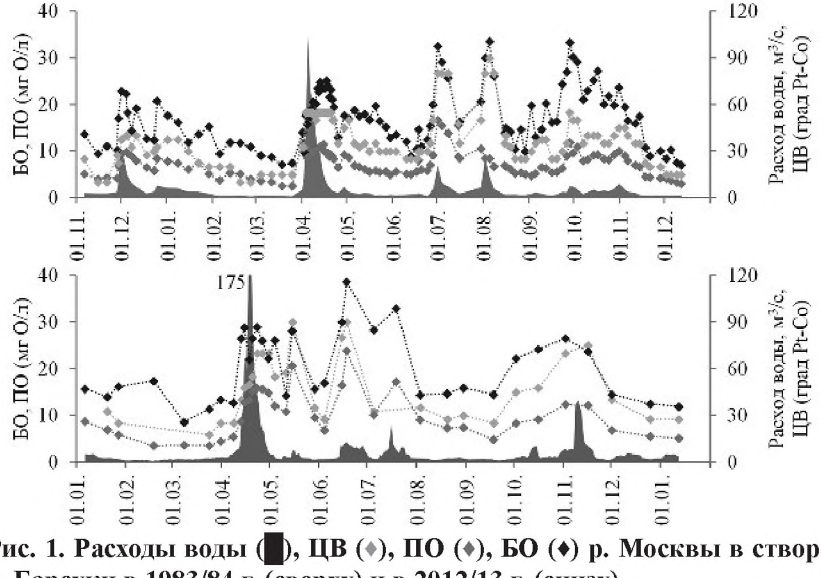

Рис. 1. Расходы воды (■), ЦВ (♦), ПО (♦), БО (♦) р. Москвы в створе д. Барсуки в 1983/84 г. (сверху) и в 2012/13 г. (снизу)

Так, в половодье 1984 г. при максимальных расходах воды р. Москвы 103 $м^3/с$ и р. Лусянки 17,5 $м^3/с$ величина ЦВ речных вод не превышала 50–55 град Pt-Co, ПО – 10 мг О/л, БО – 23–25 мг О/л. При этом на пике паводка в начале июля значения ЦВ, ПО, БО речных вод достигали 80 град Pt-Co, во время паводка в начале августа – 90 град Pt-Co; значения ПО достигали в эти периоды 17–19 мг О/л, БО – 32–35 мг О/л. Среднесуточные величины расходов воды р. Москвы во время этих паводков не превышали 20–25 %, а р. Лусянки – 30–43 % от максимальных расходов половодья.

Максимальные расходы воды весеннего половодья в более многоводном 2012 г. составили на р. Москве 175 $м^3/с$, на р. Лусянке – 30 $м^3/с$, на р. Колочи – 62 $м^3/с$. Речные воды периода половодья характеризовались значениями ЦВ 40–70 град Pt-Co, ПО до 15–16 мг О/л, БО до 30 мг О/л. Во время небольшого дождевого паводка в первой половине мая значения показателей содержания ОВ достигали соответственно 80–90 град Pt–Co, 19–21 и 25–28 мг О/л. Измерениями во время паводка в середине июня зафиксированы значения ЦВ более 90 град Pt-Co, ПО более 23 мг О/л и БО около 40 мг О/л. Окисляемость вод июльского паводка достигала 17 мг О/л ПО и 33 мг О/л БО. Паводок в середине ноября характеризовался значениями ЦВ до 75 град Pt–Co, ПО до 12 мг О/л, БО до 26 мг О/л. При этом паводки 2012 г. были в среднем ниже, чем в 1984 г.; их расходы воды составляли 5–30 % от максимальных расходов половодья.

Графики связей БО, ПО, ЦВ с величиной расхода воды для периода половодья имеют форму петли (рис. 2). Резкое повышение цветности и окисляемости воды на подъеме половодья сменяется затем более плавными изменениями в диапазоне, который может не превышать 5 град Pt-Co и 3–4 мг О/л (при значительных колебаниях расхода воды); максимальное содержание ОВ достигается, как правило, на спаде волны половодья.

Для периода летне-осенней межени 2012/13 г., нарушаемой паводками (июнь – октябрь), получены квазилинейные связи БО, ПО, ЦВ с расходами воды (рис. 3), характеризующиеся значимыми коэффициентами корреляции (r = 0,98–0,99 для ЦВ, r = 0,96–0,99 для ПО, r = 0,69–0,86 для БО при длине ряда n = 10).

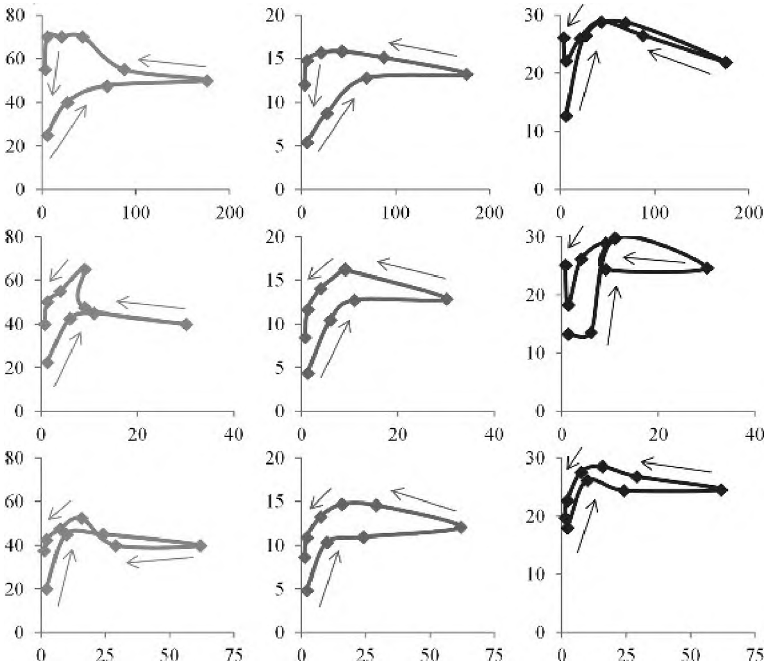

Рис. 2. Связь ЦВ, град Pt–Co (♦), ПО, мг О/л (♦), БО, мг О/л (♦) (вертикальные оси) с расходом воды, м^3/с (горизонтальные оси) р. Москвы (верхний ряд), р. Лусянки (средний ряд) и р. Колочи (нижний ряд) в половодье 2012 г.

Однако данные более частых наблюдений в летне-осенний период 1984 г. (рис. 3, нижний ряд) могут свидетельствовать о наличии нелинейной петлеобразной связи между показателями содержания ОВ и величиной расхода воды при прохождении на реках дождевых паводков, подобной той, что характерна для весеннего половодья.

Наиболее тесная зависимость от расхода воды установлена для цветности воды, обусловленной в первую очередь наличием истинно растворенных и коллоидных гумусовых соединений, поступающих с водосбора, и перманганатной окисляемости, которая в природных водах по имеющимся представлениям также в значительной степени зависит от содержания в воде гуминовых и фульвокислот [Скопинцев, 1950]. Наименьшей достоверностью характеризуется

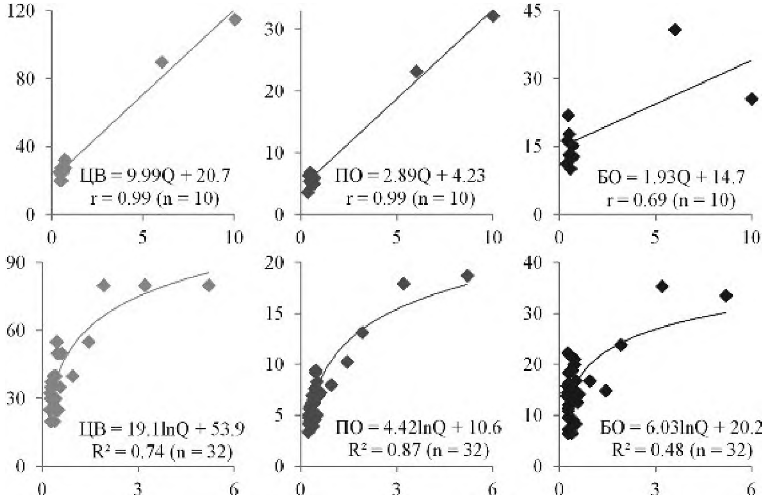

Рис. 3. Связь ЦВ, град Pt–Co (♦), ПО, мг О/л (♦), БО, мг О/л (♦) (вертикальные оси) с расходом воды, м^3/с (горизонтальные оси) р. Лусянки в июне – октябре 2012 г. (верхний ряд) и в июне – сентябре 1984 г. (нижний ряд)

связь с расходом воды величины бихроматной окисляемости, по которой принято судить о суммарном содержании ОВ, включая автохтонное.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-35-00199 мол_а).

Литература

Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 444 с.

Комплексные исследования водохранилищ. Вып. 3. Можайское водохранилище. М.: МГУ, 1979. 400 с.

Муравьев А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд. СПб.: Крисмас+, 2004. 248 с.

Остапеня А. П. Полнота окисления органического вещества водных беспозвоночных методом бихроматного окисления // Докл. АН БССР. 1965. Т. 9, вып. 4. С. 273–276.

Пуклаков В. В., Пуклакова Н. Г. Связь минерализации с расходом воды в реках Верхне-Волжского бассейна // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: Тр. Междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, 28–30 мая 2013 г.). Т. 2. Пермь, 2013. С. 151–155.

Скопинцев Б. А. Органическое вещество в природных водах [водный гумус] / Тр. Гос. океанограф. ин-та. 1950. Вып. 17 [29]. 290 с.

Соколов Д. И. Изменение окисляемости и цветности воды под влиянием водохранилища // Вестн. Моск. ун-та, сер. 5 География. 2013. № 6. С. 9–15.

Соколов Д. И. Содержание органических веществ в Можайском водохранилище в летний период // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: Материалы науч. конф. (Ростов-на-Дону, 8–10 сент. 2015 г.). Т. 2. Ростов-н/Д, 2015. С. 54–58.

Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю. Ю. Лурье. Изд. 2-е. М.: Химия, 1973. 376 с.

RELATION BETWEEN ORGANIC MATTER CONTENT AND WATER DISCHARGE IN TRIBUTARIES OF THE MOZHAYSK RESERVOIR

D. I. Sokolov

Lomonosov Moscow State University

The paper analyzes the data of detailed observations of the organic content in the water of the Mozhaisk Reservoir main tributaries in years 1983/84 and 2012/13. The paper shows a direct relation between the indices of organic matter content (water color and oxidizability) and water discharge typical of river waters. The relation changes throughout the year and cannot be effectively approximated by a simple correlation. During the floods it has a loop outline; normally, river waters color and oxidizability in summer and autumn high water periods are characterized by higher values than during the spring floods.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОТЕКАНИЕ ПРОЦЕССА СУЛЬФАТ-РЕДУКЦИИ (ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ) В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛОГО ОЗЕРА СВЯТОГО (КОНОШСКИЙ РАЙОН АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

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

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН, г. Архангельск

В работе представлены результаты исследований состояния пресноводного оз. Святого (Коношский район Архангельской области) на

УДК 556.5 (063)
ББК 26.222
В62

В62 **Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика).** Материалы V Международной конференции молодых ученых (5–8 сентября 2016 г.) / Отв. ред. Д. А. Субетто, Н. Н. Филатов, Т. И. Регеранд, Л. А. Беличева. Т. 2. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. 416 с.

Представлены результаты исследований молодых ученых по направлениям: география, гидрология, гидрофизика, гидробиология, гидрохимия, палеолимнология, моделирование. В отличие от предыдущих мероприятий, проводимых научно-образовательным центром ИВПС КарНЦ РАН с 2007 г. при поддержке Российской академии наук, Петрозаводского госуниверситета, Русского географического общества, в этой конференции участвует гораздо больше как российских, так и иностранных ученых.

Мероприятие направлено на усиление взаимодействия талантливой молодежи в сфере науки и образования при тесном сотрудничестве с отечественными и зарубежными учреждениями высшего образования и научными организациями.

Конференция организована в рамках празднования 25-летия Института водных проблем Севера КарНЦ РАН и 70-летия Карельского научного центра РАН.

Water Resources: Research and Management (Limnological school and workshop). Proceedings of the 5th International Young Scientists Conference (5–8 September 2016, Petrozavodsk)

The proceedings of the Conference provide an overview of most of contemporary research of young scientists on issues associated with hydrology, hydrophysics, hydrobiology, hydrochemistry, paleolimnology, geography and modeling. The present volume is the continuation of a long series of the previous events held by Scientific-Educational Center of Northern Water Problems Institute of Karelian Research Centre of RAS since 2007 with the support of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk State University and the Russian Geographical Society. Over the years the Conference has significantly expanded its membership, and now contains contribution from more than 50 educational and scientific organizations of Russia and foreign countries.

The event is initiated as an open forum for researchers working on different topics of water resources and to promote interactions among talented young people in the sphere of science and education in close cooperation with domestic and foreign institutions of higher education and research organizations.

The Conference organized within the framework of the celebration of the 25th anniversary of the Northern Water Problems Institute of Karelian Research Centre of RAS and 70th anniversary of Karelian Research Center of RAS.

Проведение V Международной конференции молодых ученых «Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика)» и издание материалов осуществляются при финансовой поддержке ФАНО, ОНЗ РАН, РФФИ (№ 16-35-10327) и РНФ (№ 14-17-00766, № 14-17-00740).

ISBN 978-5-9274-0739-2 (Т. 2)
ISBN 978-5-9274-0722-4

Научное издание

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ: ИЗУЧЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

(ЛИМНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА-ПРАКТИКА)

МАТЕРИАЛЫ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
(5–8 сентября 2016 г.)

Том 2

Утверждено к печати Ученым советом
Института водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН

В оформлении обложки использованы фотоматериалы, предоставленные
А. А. Рогалевым, И. Ю. Георгиевским, А. В. Толстиковым

Редактор *Л. В. Кабанова*
Оригинал-макет *М. И. Федорова*

Сдано в печать 01.07.16 г. Формат 60x84$^{1}/_{16}$.
Гарнитура Times. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 21,0. Усл. печ. л. 24,2. Тираж 300 экз. Заказ № 373

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50