УДК 556.11+556.53+574.5

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ВОЛХОВ ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

© 2014 Д.Г. Алешина, О.А. Павлова, Н.В. Игнатьева

Институт озероведения Российской академии наук, г. Санкт-петербург

Поступила в редакцию 19.05.2014

На основании исследования гидрохимического состава, характеристики фитопланктонного и зоопланктонного сообществ осенью 2013 г. дана оценка экологического состояния реки Волхов. Выявлен достаточно однородный химический состав и низкое содержание загрязняющих веществ на всем протяжении водотока. Количественные показатели, доминирующие виды, структура, индексы сапробности фитопланктона и зоопланктона позволяют считать воды р. Волхов чистыми (II класс качества воды). Сделан вывод о низком антропогенном воздействии на речные воды и стабильном удовлетворительном экологическом состоянии реки Волхов в осенний период.

Ключевые слова: гидрохимический состав, фитопланктон, зоопланктон, река Волхов

Река Волхов берет начало из озера Ильмень и впадает в Волховскую губу Ладожского озера. Длина реки составляет 244 км, ширина от 100 до 600 м, нижнее течение зарегулировано Волховской ГЭС. Во второй половине XX века Волхов представлял собой одну из серьезнейших угроз экологическому состоянию Ладожского озера, поскольку был основным поставщиком главнейшего биогенного элемента – фосфора, обеспечивающего эвтрофирование Ладоги. Территория водосборного бассейн р. Волхов отличается высоким уровнем хозяйственной освоенности. Промышленность, коммунально-бытовое водоснабжение, сброс сточных и дренажных вод, рыбоводство, загрязнение от наземного и водного транспорта, гидроэнергетика создают постоянную угрозу ухудшения качества воды, что вызывает необходимость мониторинга и комплексной оценки состояния одного из крупнейших притоков озера. Сообщества фитопланктона и зоопланктона, наряду с химическим анализом воды, широко используются для диагностики признаков загрязнения и антропогенного эвтрофирования как важнейшие структурнофункциональные звенья водных экосистем.

Алешина Дина Гильмитдиновна, младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии. E-mail: abdulnasyrova@mail.ru

Павлова Оксана Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии. E-mail: ksana.pavlova@gmail.com

Игнатьева Наталья Викторовна, кандидат географических наук, заведующая лабораторией гидрохимии. E-mail: natali_ignatieva@mail.ru

Цель исследования: оценка современного экологического состояния р. Волхов на основании показателей планктонных сообществ и гидрохимических данных.

Материалы и методы. Исследование р. Волхов проводилось в осенний период 2013 г. на 7 станциях вдоль течения реки. Гидрохимические исследования, выполненные дважды, в сентябре и октябре 2013 г., включали определение следующих показателей: минерализации (Σи) и содержания главных ионов, цветности, биохимического потребления кислорода в течение 5 (БП K_5), бихроматной окисляемости (ХПК), концентраций общего фосфора (Робщ.), общего азота (N_{обш.}), нефтяных углеводородов (НУВ), ртути и кадмия. Анализы выполнялись в соответствии с общепринятыми методиками [12]. Оценка качества воды давалась на основании сравнения со значениями предельно допустимых концентраций – ПДКвр (для водоемов рыбохозяйственного назначения) и ПДКв (для водоемов хозяйственно-питьевого и культурнобытового водопользования) [5, 6].

Количественный учет планктонных водорослей проводился методом прямого микроскопирования в камере Нажотта объемом 0,05 мл [7, 11]. Биомассу водорослей определяли общепринятым способом по объемам массовых видов путем приравнивания их к наиболее близкому геометрическому телу [7, 8]. При этом принимали, что 10⁹ мкм³ соответствует 1 мг сырой биомассы [13]. Разнообразие сообществ фитопланктона оценивали с помощью индекса Шеннона-

Уивера [10]. Сапробиологическое состояние водотоков оценивалось на основании индексов сапробности по Пантле и Букк в модификации Сладечека [4, 15].

Исследования зоопланктонного сообщества проводили в сентябре 2013 г., пробы отбирали на прибрежных участках свободных от растительности путем проливания 100 л воды через сеть Апштейна (размер ячеи 120 мкм) и фиксировали 40% формалином, обработку материалов проводили по стандартным методикам [11]. Для вычисления биомассы (сырой формалиновый вес) применяли формулы зависимости между длиной и массой тела зоопланктеров [3]. Зоопланктонное сообщество характеризовали по числу видов, его численности и биомассе, индексу видового разнообразия Шеннона по численности и биомассе [2]. Качество воды оценивали по индикаторным организмам с использованием метода Пантле-Букк в модификации Сладечека [15].

Результаты и их обсуждение. По соотношению главных ионов воды р. Волхов характеризуются как гидрокарбонатно-кальциевые. Величина минерализации в течение периода наблюдений находилась в пределах 149,0-207,2 мг л-1. Превышения соответствующих значений ПДКвр концентрациями главных ионов минерализации отмечено не было. Наименьшие концентрации ионов относились к истоку реки (ст. Волхов, г. Новгород). Несколько повышенная минерализация свойственна водам притока Волхова – р. Тигода (220,4-239,2 мг π^{-1}), однако влияние Тигоды благодаря существенному разбавлению волховскими водами носит локальный характер. Влияния Волховской ГЭС на содержание главных ионов в воде не выявлено. В октябре было отмечено незначительное повышение величины Σи (в 1,1-1,3 раза) по сравнению с сентябрьскими значениями, связанное, очевидно, с осенним паводком.

Волховские воды содержат повышенное количество интенсивно окрашенных органических веществ вследствие заболоченности значительной части водосбора. Кроме того, высокая степень хозяйственной освоенности речного бассейна также может приводить к повышению цветности поверхностных вод. В течение периода наблюдений пространственное изменение цветности речных вод было незначительным, на разных участках реки этот показатель варьировал в пределах 68-84 град. Содержание органического вещества (по ХПК) в водах Волхова было практически постоянным – 39,2-48,0 мг О π^{-1} (в основном, 39,2-41,6 мг О л⁻¹). Значение БПК₅, характеризующее концентрацию легкоокисляемого органического вещества, составляло в сентябре 1,19-1,53 мг O_2 $\pi^{\text{-}1}$, в октябре 0,50-1,00 мг O_2 $\pi^{\text{-}1}$, что соответствует «очень чистым» и «чистым» водам.

Содержание общего фосфора на разных участках реки составляло в сентябре-октябре от 0,056 до 0,064 мг Р π^{-1} , только вблизи истока (ст. р. Волхов, г. Новгород) оно повысилось до 0,101 мг Р π^{-1} . В тот же период наблюдений концентрация $P_{\text{общ.}}$ в основной водной массе Ладоги составляла 0,010-0,014 мг Р π^{-1} . Концентрация общего азота изменялась от 0,67 мг N π^{-1} (в истоке реки в октябре) до 1,52 (ниже ГЭС в сентябре).

Концентрация НУВ в водах Волхова постоянно была достаточно высокой и варьировала в узких пределах 0,108-0,129 мкг π^{-1} , только в октябре в районе п. Селище она возросла до 0,151 мкг π^{-1} . Кроме того, в устье реки в период наблюдений отмечались повышенные концентрации HVB - 0.182-0.184 мкг π^{-1} . Выявленное превышение норматива ПДКвр (0,05 мг π^{-1}), очевидно, связано с тем, что нефтяные углеводороды - органические соединения двойственной природы, значительная часть которых имеет биогенное происхождение и широкое распространение в окружающей среде. Однако превышения норматива для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКв 0.3 $M\Gamma \Pi^{-1}$) не отмечено.

Содержание высокотоксичных металлов — кадмия и ртути в водах реки было ничтожно малым, в основном ниже чувствительности аналитического определения — соответственно, менее 0,1 мкг π^{-1} для Cd и менее 0,01 мкг π^{-1} для Hg. Незначительные концентрации Hg (0,012-0,035 мкг π^{-1} при ПДКвр 0,1 мкг π^{-1}) были обнаружены в водах реки в районах пос. Селище, г. Кириши и ниже ГЭС. В целом, загрязнение кадмием и ртутью не характерно для Волхова, как и для всего бассейна Ладожского озера.

По результатам осенней съемки в планктоне р. Волхов было обнаружено 106 таксонов водорослей рангом ниже рода (без анализа диатомовых водорослей на постоянных препаратах). Наиболее разнообразными были зеленые водоросли – 39 таксонов (37% общего числа встреченных форм), синезеленые и диатомовые (24% и 21%, соответственно). Количество и соотношение таксонов типично для водоемов умеренного пояса [8, 11], но значительный вклад синезеленых, являющихся хорошими индикаторами органического загрязнения, может рассматриваться как показатель эвтрофирования при увеличении антропогенной нагрузки на водосборе Волхова. К наиболее массовым, создающим более 10% численности и/или биомассы, относились Chroomonas acuta, виды рода Cryptomonas, Aphanocapsa delicatissima, A. inserta, Cyanodiction reticulatum, Microcystis aeruginosa, M. wesenbergei, Asterionella formosa, виды родов Aulacoseira, Cyclotella и Stephanodiscus.

В сентябре общая численность водорослей (N) в р. Волхов изменялась от 23618 до 71738, в октябре – от 10438 до 23088 кл. см⁻³. Основной вклад вносили синезеленые водоросли, составлявшие до 99%. Наиболее важное значение имели мелкоклеточные хлорококковые из рода Арhanocapsa (до 71%, д. Селище), а также Microcystis aeruginosa и М. wesenbergei (20% и 41% соответственно, д. Юшково). Максимальные величины N отмечены в верховьях Волхова, далее по течению реки количество водорослей постепенно сокращалось, в первую очередь, за счет снижения численности Суапорһуtа.

Биомасса водорослей (В) в сентябре 2013 г. составляла 0,76-1,76, в октябре – 0,43-1,36 мг дм-3. Минимальное значение было отмечено на станции у д. Котовицы, на участке от Киришей до д. Юшково биомасса возрастала до 1,60-1,76 мг дм⁻³. На всем протяжении Волхова доминировали диатомовые (36-83%) – виды родов *Cyclo*tella, Stephanodiscus, Aulacoseira, и синезеленые (23-44%) – Microcystis aeruginosa, M. Wesenbergei. В октябре самый высокий уровень фитопланктона отмечен в верхней части реки на станции в Новгороде (1,40 мг дм-3), далее по течению биомасса не превышала 0,63 мг дм⁻³. На участке до устья р. Тигода доминировали диатомовые (67-85%) – Aulacoseira subarctica, Asterionella formosa, виды родов Cyclotella, Stephanodiscus. В нижнем течении реки основу сообщества составляли диатомеи и криптофитовые (по 42-47%). Индексы разнообразия Шеннона-Уивера (Н), рассчитанные по биомассе, составляли 2,63-4,32 бит/мг. В большинстве случаев наблюдалась обратная зависимость между показателями разнообразия фитопланктона и уровнем биомассы.

Данные об отношении к загрязнению органическим веществом указаны для 82 встреченных таксонов водорослей (77% общего списка). Около половины обнаруженных индикаторов относятся к β-мезосапробам, характеризующим условия средней степени загрязнения. Олигосапробы и промежуточная группа – β-о- и ο-βмезосапробы составляли 32%, β-а-мезосапробы, индикаторы зон повышенного загрязнения -11%. В течение сентября-октября 2013 г. индеексы сапробности колебались от 1,63 до 1,81. По численности доминировали олиго-, олиго-β- и βолигомезосапробные организмы – Aphanocapsa delicatissima, Aulacoseira subarctica и определявшие степень органического загрязнения в целом как β-олиго-мезосапробную (умеренно загрязненные воды). Наиболее высокое значение (2,07) было отмечено в нижнем течении реки у д. Юшково и определялось масссовым развитием мелкоклеточных β-α-мезосапробных *Microcystis wesenbergei*, *Chroomonas acuta*, и др. По материалам осенней съемки 2013 г. по показателям численности планктонных водорослей все исследованные участки реки относятся ко II классу качества воды [6]. По показателям биомассы из станций на реке Волхов к I классу отнесена станция у д. Котовицы, все остальные – ко II классу качества воды [6], что подтверждает вывод о незначительном загрязнении реки Волхов [14].

Таксономический состав зоопланктонного сообщества р. Волхов в период исследования включал 44 таксона. Из них Rotifera – 11 (25%), Cladocera – 23 (52%), Copepoda – 10 (23%), в том числе Calanoida – 2 (5%) и Cyclopoida – 8 (18%). Осенью 2013 г. на всех станциях доминировали такие представители низших ракообразных как Chydorus sphaericus (Muller), Eubosmina (Bosmina) thersites (Poppe), Daphnia longispina O.F. Müller, Eudiaptomus graciloides (Lilljeborg), E. gracilis (Sars). Для зоопланктонного сообщества Волхова характерно преобладание эвритопных, с широким географическим распространением видов. Озеро Ильмень и участки с замедленным течением оказывают значительное влияние на фауну речных ракообразных и коловраток, поэтому основной комплекс представлен озерными видами. Видовое богатство закономерно увеличивалось от истока к устью от 9 до 21 вида на ст. д. Юшково. Соотношение основных групп зоопланктона показывает довольно равномерное распределение зоопланктонного сообщества вдоль всего течения реки с преобладанием кладоцер по численности и биомассе [1]. Максимальные количественные показатели зоопланктона в сентябре 2013 г. были отмечены на ст. г. В. Новгород, минимальные – ст. г. Кириши. Численность изменялась соответственно от 140 до 1890 экз. м⁻³, биомасса варьировала от 1,7 до 73,9 мг м⁻³. Средние для всех станций значения индекса Шеннона по численности – 2,05 и по биомассе – 1,78, характеризуют зоопланктонное сообщество р. Волхов как достаточно разнообразное. Индексы сапробности колебались от 0,6 до 1,1 и не достигали 1.5, что позволяет дать оценку уровня загрязнения речных вод как низкий [6]. На основе полученных данных современный зоопланктон р. Волхов можно охарактеризовать как типичный для водоемов Северо-Запада, достаточно разнообразный по видовому составу (преобладают низшие ракообразные) с невысокими количественными показателями, что характерно для лотических сообществ в осенний период.

Выводы: гидрохимическое исследование р. Волхов показало достаточно низкое содержание загрязняющих веществ, их однородное распределение на всем протяжении водотока. Количественные показатели, доминирующие виды, структура фитопланктона и индексы сапробности позволяют считать воды реки чистыми (ІІ класс качества воды). По показателям зоопланктонного сообщества воды Волхова также можно охарактеризовать как чистые (ІІ класс качества воды). Можно сделать вывод о незначительном влиянии хозяйственной деятельности на качество воды, умеренном загрязнении и удовлетворительном состоянии реки Волхов в осенний период 2013 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Алешина, Д.Г. Современное состояние зоопланктона реки Волхов. Современные проблемы сохранения биоразнообразия естественных и трансформированных экосистем / Материалы VIII ежегодной молодежной эколог. Школы-конф. в усадьбе «Сергеевка» – памятнике прир. и культ. наследия: 2013 г. Санкт-Петербург, Старый Петергоф, 28-29 ноября 2013 г. – СПб.: Изд-во ВВМ, 2013. С. 153-157.
- 2. *Андроникова, И.Н.* Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб: Наука, 1996. 189 с.
- 3. Балушкина, Е.В. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных / Е.В. Балушкина, Г.Г. Винберг // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. – Л.: ЗИН АН СССР, 1979. С. 58-79.

- 4. *Баринова*, *С.С.* Биоразнообразие водорослейиндикаторов окружающей среды / *С.С. Баринова*, *Л.А. Медведева*, *О.В. Анисимова*. – Тель-Авив, 2006. 356 с.
- ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.
- ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
- Гусева, К.А. К методике учета фитопланктона // Тр. Ин-та биологии водохранилищ. – Л., 1959. Т. 2. С. 44-51.
- Макарова, И.В. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона / И.В. Макарова, Л.О. Пичкилы // Ботанический журнал. 1970. Т. 55, № 10. С. 1488-1494.
- 9. *Михеева, Т.М.* Альгофлора Беларуси: Таксономический каталог. Минск: БГУ, 1999. 396 с.
- 10. Одум, Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 239 с.
- 12. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л., 1977. 541 с.
- 13. *Трифонова, И.С.* Экология и сукцессия озерного фитопланктона Л.: Наука, 1990. 184 с.
- 14. *Трифонова, И.С.* Структура и продуктивность фитопланктона рек бассейна Ладоги как индикатор их состояния / И.С. Трифонова, О.А. Павлова, А.Л. Афанасьева // Оценка экологического состояния рек бассейна Ладожского озера по гидрохимическим показателям и структуре гидробиоценозов. СПб.: ЛЕМА, 2006. С. 70-79.
- 15. *Sladecek*, *V*. System of water quality from the biological point of view // Ergebn. der Limnol. H. 7. Arsh. fur Hydrobiol. Bienheft. 7. 1973. P. 1-218.

ASSESSMENT OF VOLKHOV RIVER ECOLOGICAL STATE ON HYDROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL INDEXES

© 2014 D.G. Aleshina, O.A. Pavlova, N.V. Ignatyeva

Institute of Limnology Russian Academy of Sciences

On the basis of research the hydrochemical composition, characteristics of phytoplankton and zooplankton communities, received in autumn 2013, the assessment of ecological state of Volkhov river is given. The rather homogeneous hydrochemical composition of water and low content of pollution substances along the all waterflow is determined. The quantitative indexes, dominant species, structure, saprobic indexes of phytoplankton and zooplankton allow to consider the waters in Volkhov river as "pure" (second class of water quality). The conclusion about the low anthropogenic impact on river waters and stable satisfactory ecological state of Volkhov river in autumn period is made.

Key words: hydrochemical composition, phytoplankton, zooplankton, Volkhov river

Dina Aleshina, Minor Research Fellow at the Hydrobiology Laboratory. E-mail: abdulnasyrova@mail.ru Oksana Pavlova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow at the Hydrobiology Laboratory. E-mail: ksana.pavlova@gmail.com Nataliya Ignatieva, Candidate of Geography, Head of the Hydrobiology Laboratory. E-mail: natali_ignatieva@mail.ru