

УДК 574.633: 574.583

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ РЕК ВЫСОКОУРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ МОСКВЫ)

© 2013 Д.В. Ростанец, К.П. Хазанова, В.М. Хромов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 27.05.2013

Проведены исследования фитопланктона реки Москвы, выявлены особенности его развития в условиях сильного антропогенного пресса. Показан характер влияния на сообщество скорости течения, температуры воды и содержания различных форм азота и фосфора. Проведена оценка качества воды реки по сообществу фитопланктона. Проанализированы проблемы использования фитопланктона в гидробиологическом мониторинге рек высокоурбанизированных территорий.

Ключевые слова: *фитопланктон, урбанизация, биоиндикация, качество воды, река Москва, индекс сапробности*

В настоящее время уровень урбанизации в развитых странах очень высок, доля городского населения нередко составляет до 80% и более. Экологическое благополучие городов во многом зависит от состояния их основного водотока, обеспечивающего водоснабжение города, и принимающего сточные воды [1]. При этом реки крупных городов испытывают на себе усиленную и разноплановую антропогенную нагрузку. Биота городских рек и, в частности, сообщество фитопланктона находится под постоянным воздействием сложного комплекса естественных и антропогенных факторов. Поскольку фитопланктон является одним из основных показателей в системе гидробиологического мониторинга водотоков [2-4], необходимо проведение детальных исследований его структуры в подобных условиях, а также выявление особенностей использования данного сообщества в мониторинге городских рек.

Река Москва является основным источником водоснабжения Московской агломерации, входящей в 15 крупнейших агломераций мира. На ее водосборной площади проживает подавляющее большинство сельского и значительная

часть городского населения Московского региона. Воды реки активно используются для промышленного, питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для орошения. Река Москва принимает значительное количество стоков г. Москвы, а также ряда населенных пунктов Московской области. Берега реки являются рекреационными объектами, заливные пойменные луга используются для выпаса скота и заготовки кормов.

Материалы и методы. В 2007-2012 гг. в летний период вегетационного сезона были проведены исследования фитопланктона р. Москвы на 29 станциях, расположенных по тракту реки от Можайского водохранилища до устья у г. Коломна. Из них 16 станций были расположены на участке Можайское водохранилище – г. Москва («верхнее течение»), а 13 на участке г. Москва – устье реки («нижнее течение»), включая 3 станции в черте города. Также на 2 станциях (выше г. Звенигорода и близ г. Дзержинский) были проведены годовые съемки фитопланктона с еженедельной частотой отбора проб. Отбор и обработку проб фитопланктона проводили по общепринятым методикам [5]. На каждой станции одновременно с отбором проб фитопланктона проводили измерение скорости течения, температуры воды и содержания нитратов, нитритов, аммония, общего азота, фосфатов и общего фосфора. Для определения качества воды по сообществу фитопланктона вычисляли индекс Пантле и Букка в модификации Сладечека [6].

Ростанец Дмитрий Викторович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры гидробиологии. E-mail: dvrostanets@mail.ru

Хазанова Ксения Петровна, младший научный сотрудник кафедры гидробиологии. E-mail: avilon.9@yandex.ru

Хромов Виктор Михайлович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник кафедры гидробиологии. E-mail: vmkhromov@yandex.ru

Результаты и обсуждение. Верхнее и нижнее течение р. Москвы значительно отличаются как по гидролого-гидрохимическим характеристикам, так и по типу и степени антропогенной нагрузки. Рассмотрим влияние основных естественных и антропогенных факторов на сообщество фитопланктона на этих участках реки. Одним из важнейших структурообразующих факторов для сообщества фитопланктона в условиях водотоков является скорость течения [3, 7]. Верхнее течение реки до станции ниже г. Звени-

города характеризуется высокими скоростями течения (0,5-0,3 м/с), а далее скорость течения падает до 0,1 м/с, что обуславливает различия в численности фитопланктона: 0,16-0,45 млн. кл./л на участке г. Можайск – г. Звенигород и 0,76-0,94 млн. кл./л на участке от станции выше р. Истры до пос. Ильинское (рис. 1). Это подтверждается высокими отрицательными корреляциями скорости течения и численности фитопланктона: $r = -0,7411$ при $p = 0,0024$.

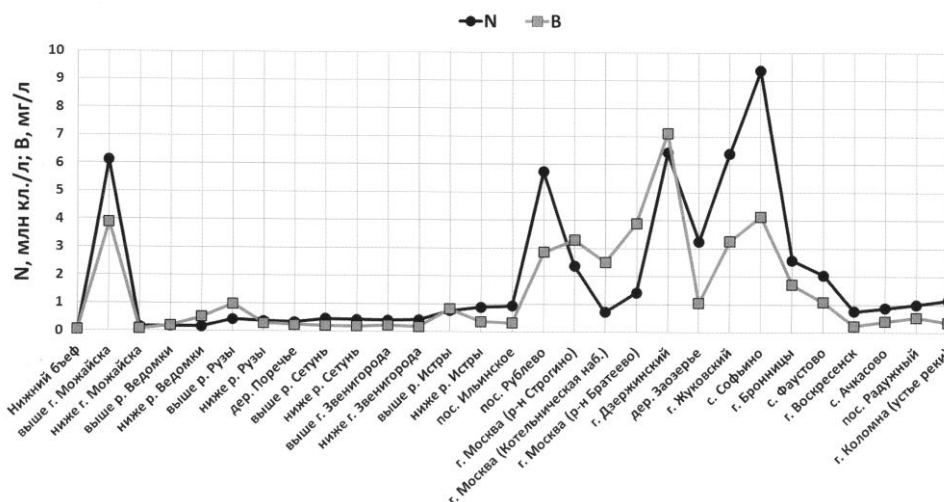


Рис. 1. Динамика численности (N) и биомассы (B) фитопланктона р. Москвы в июне 2010 г.

На станции Нижний бьеф Можайского водохранилища была зарегистрирована минимальная численность фитопланктона (0,05 млн. кл./л), что обусловлено как высокой скоростью течения, так и постоянно низкой в течение вегетационного сезона температурой воды, поступающей из нижних слоев водохранилища (10-11°C). Высокая численность фитопланктона выше г. Можайска (6,12 млн. кл./л) вследствие массового развития низкосапробной эпифитонной цианобактерии *Merismopedia glauca* (Ehr.) Kütz. (53,5% общей численности) может быть объяснена обильным сносом клеток этого вида с имеющихся на данной станции обширных зарослей рдестов за счет высокой скорости течения. Ранее уже было отмечено, что одной из особенностей верхнего течения реки является существенный вклад смытых водорослей эпифитона и микрофитобентоса, таких как *C. placentula* Ehr., *N. tripunctata* (O.F.Müll.) Bory. и др., в формирование численности и биомассы фитопланктона [8]. В нижнем течении реки (включая территорию г. Москвы) скорость течения реки варьирует в пределах 0,05-0,15 м/с, и лишь близ устья увеличивается до 0,3 м/с. Поэтому здесь скорость течения уже не оказывает столь сильного воздействия на сообщество фитопланктона, что подтверждается отсутствием достоверных корреляций

скорости течения и структурных характеристик фитопланктона.

Необходимо отметить, что помимо естественных факторов, скорость течения р. Москвы определяется таким антропогенным фактором, как зарегулированность стока. Начиная от с. Петрово-Дальнее, находящегося в 249 км от устья, и далее по тракту река перекрыта девятью плотинами. Три из них постоянного типа: Рублевская, Карамышевская и Перервинская. Остальные плотины поддерживают уровень только в навигационный период. В черте города на реке расположены два комплексных гидроузла: Карамышевский и Перервинский. Ниже Перервинского гидроузла за пределами г. Москвы расположено пять низконапорных гидроузлов – Трудкоммуна, Андреевка, Софьино, Фаустово и Северка. Зарегулированность стока рек повышает численность и биомассу фитопланктона и фитопланктона, способствует за счет снижения скорости течения активному развитию в приплотинных участках лимнофильных видов водорослей, в условиях эвтрофирования вызывающих цветение воды [3]. Перестройка речного комплекса фитопланктона на зарегулированном участке, как правило, заключается в уменьшении видового разнообразия и в изменении соотношения основных групп водорослей. Если до

зарегулирования в большинстве рек ведущими группами водорослей были диатомовые и зеленые, то впоследствии на зарегулированном участке развивались цианобактерии [9].

На зарегулированных участках р. Москвы подобные изменения структуры фитопланктона прослеживаются лишь отчасти. Низкие скорости течения и зарегулированность стока способствуют развитию высокой численности фитопланктона на станциях у пос. Рублево (5,74 млн кл./л) и с. Софьино (9,39 млн кл./л), расположенных в зоне подпора Рублевской и Софьинской плотин, а также в целом значительно большей по сравнению с верхним течением численности фитопланктона нижнего течения реки (рис. 1). В то же время на ряде станций (г. Держинский, г. Жуковский), где отбор проб производили ниже расположения гидроузлов, численность фитопланктона не менее высока (6,43 и 6,38 млн. кл./л соответственно). Помимо этого, в отличие от станции с. Софьино, где доминируют цианобактерии (4,38 млн. кл./л), в зоне Рублевского гидроузла доминирует комплекс зеленых водорослей и цианобактерий с преобладанием зеленых (2,68 и 1,78 млн. кл./л соответственно). Станция с. Софьино, несмотря на ярко выраженное доминирование цианобактерий *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Born. et Flah. (2,22 млн. кл./л) *Geitlerinema tenue* (Anisim.) Anagn. (2,16 млн. кл./л), характеризуется высоким видовым разнообразием сообщества (80 таксонов видового

и внутривидового ранга при среднем разнообразии по всем станциям в 53 таксона), в то время как видовое разнообразие фитопланктона у Рублевского гидроузла значительно ниже (33 таксона).

Другим не менее значимым фактором, определяющим развитие фитопланктона, является содержание биогенных элементов, в первую очередь различных форм азота и фосфора. Влиянию их концентраций, а также влиянию соотношения этих элементов на сукцессию фитопланктонного сообщества посвящено значительное число работ [10-12]. Динамика форм азота по тракту р. Москвы в июне 2010 г. представлена на рис. 2. Здесь следует отметить ряд закономерностей. В верхнем течении реки содержание азота в целом ниже и подвержено меньшим колебаниям по сравнению с нижним течением. При этом отношение суммарного минерального азота к общему в верхнем течении также значительно ниже (среднее отношение по станциям составляет 28,9% для верхнего и 82,9% для нижнего течения), что может быть обусловлено обильным стоком органического азота с территорий животноводческих хозяйств, расположенных по берегам реки в этом районе. Ниже впадения р. Истры р. Москва протекает в зоне санитарной охраны Рублевской водопроводной станции, и содержание в воде органического азота к пос. Рублево заметно снижается.

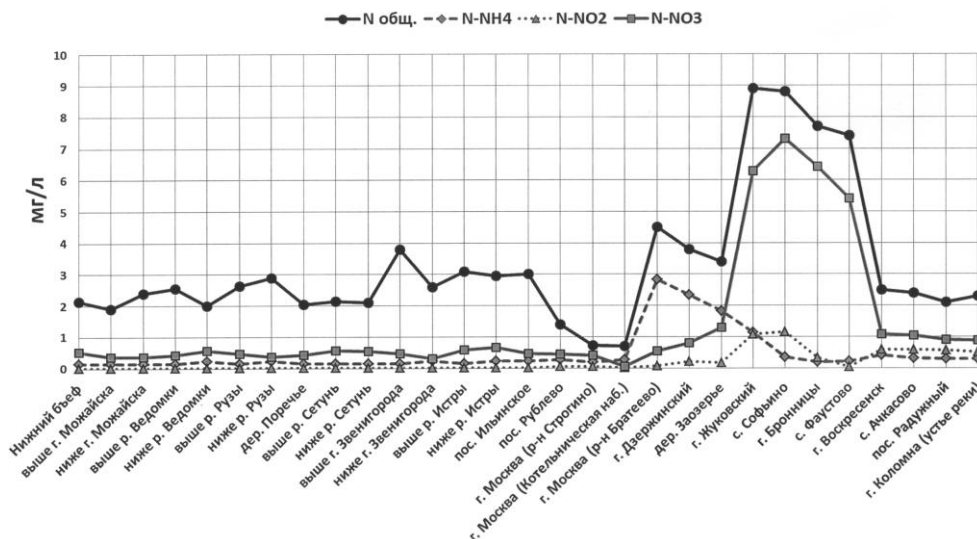


Рис. 2. Динамика форм азота по тракту р. Москвы в июне 2010 г.

В границах г. Москвы до станции «Котельническая набережная» в реку поступают преимущественно ливневые и промышленные стоки, обладающие высокой токсичностью и меньшим, по сравнению с другими типами стоков, содержанием как органического, так и минерального азота [1, 13]. Перед станцией Братеево в

реку с Курьяновской станции аэрации (КСА) поступают большие объемы (более 55% от общего расхода воды в реке [1]) биологически очищенных стоков г. Москвы. Это является главной причиной значительного увеличения концентрации, как общего, так и аммонийного азота. Снижение содержания аммонийного азота

(с 2,82 до 1,82 мг/л) и возрастание нитратного азота (с 0,54 до 1,29 мг/л) к дер. Заозерье обусловлено процессом нитрификации. Сходная динамика содержания этих форм азота на участке от выпуска КСА до дер. Заозерье ранее была отмечена другими авторами [1, 14]. На участке район Братеево г. Москвы – дер. Заозерье зарегистрировано превышение ПДК по аммоний (1,3-1,8 ПДК).

Перед станцией г. Жуковский в р. Москву впадает р. Пехорка, несущая стоки Люберецкой станции аэрации (ЛСА), что обуславливает резкое возрастание содержания как нитратного (с 1,29 до 6,28 мг/л), так и нитритного (с 0,16 до 1,08 мг/л) азота. Увеличения концентрации аммонийного азота, ранее отмечавшегося на данной станции [1], не происходит, что, по-видимому, связано с его активным окислением еще в русле р. Пехорки. Также необходимо отметить, что объем и состав бытовых стоков, сбрасываемых очистными сооружениями города, не постоянен и в немалой степени зависит от сезона года и ряда других факторов [1, 14].

Помимо больших объемов поступающих в реку бытовых и промышленных стоков, высокое

содержание нитратного азота в районе г. Жуковский – г. Бронницы связано с его поступлением в составе стоков с расположенных на водосборной площади этого участка реки полей, куда азот вносится в виде нитратных удобрений. На участке г. Жуковский – с. Софьино зарегистрировано незначительное превышение ПДК по нитрит-аниону (1,2-1,3 ПДК). Динамика содержания общего фосфора в целом сходна с динамикой общего азота. После выпуска КСА отмечено увеличение доли фосфора фосфатов от общего фосфора. Среднее содержание общего фосфора в водах реки составляет 0,72 мг/л, фосфора фосфатов – 0,33 мг/л. Содержание фосфатов не превышает ПДК ни на одной из исследованных станций. Необходимо также отметить сохранение установленной в 1970-80-х гг. [15] тенденции увеличения содержания минеральных форм азота и фосфора вниз по течению реки от Можайского водохранилища до Рублевского гидроузла. Однако по сравнению с этим периодом содержание минерального фосфора в верхнем течении реки увеличилось примерно в 5 раз, а минерального азота остается на прежнем уровне (0,5-1,0 мг/л).

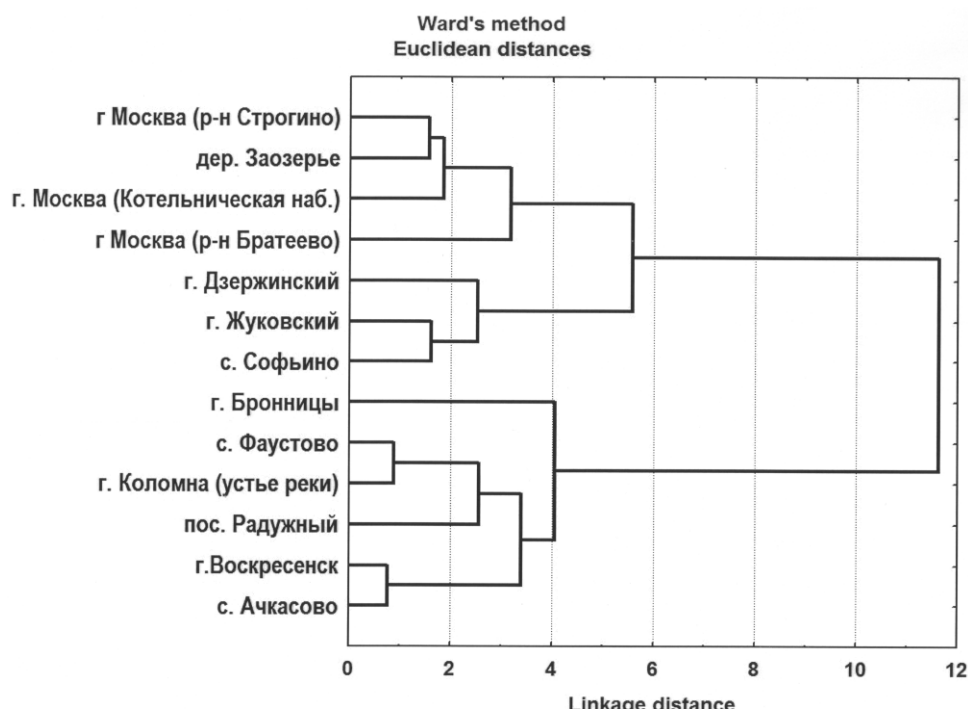


Рис. 3. Структура фитопланктонного сообщества р. Москвы в нижнем течении

В ходе наших работ достоверных корреляций численности отделов водорослей фитопланктона и содержания форм азота и фосфора, а также численности отделов и отношения минеральных форм азота к фосфору выявлено не было. Можно полагать, что это связано с наличием в водах реки широкого спектра загрязняющих веществ, комплексно действующих на сообщество.

Ранее в работе Ф.Б. Шкундиной [16], исследовавшей влияние различных форм азота и фосфора, нефтепродуктов, фенолов, меди и ртути на фитопланктон р. Белой, было показано, что лишь аммонийный азот влиял на развитие фитопланктона как самостоятельный фактор, в то время как остальные загрязнители действовали в комплексе. При этом многомерный анализ структурных

характеристик фитопланктона (число видов, численность, биомасса) в нижнем течении р. Москвы позволил выделить две группы станций: от района Строгино г. Москвы до станции с. Софьино и от г. Бронницы до устья реки (рис. 3), что указывает на существенную перестройку структуры фитопланктонного сообщества на участке с. Софьино – г. Бронницы.

Не менее важным аспектом влияния городских стоков на фитопланктон является повышение температуры воды. Температура воды оказывает прямое воздействие на скорость роста фитопланктона, которая удваивается при увеличении температуры на 10°C [17]. Различные виды водорослей отличаются температурными оптимумами своего развития, что может определять временное и пространственное расхождение максимумов их численности [18]. Стоки очистных сооружений города всегда имеют повышенную температуру по сравнению с водами реки, что может вызывать увеличение численности и биомассы фитопланктона, а также перестройку структуры сообщества за счет развития нехарактерных для конкретного сезона более теплолюбивых видов. Ряд авторов указывали на массовое развитие цианобактерий в условиях повышенных температур воды, вызванных в т. ч. и поступлением сточных вод [19, 20]. Сходное влияние теплых (23-27°C) стоков г. Москвы на сообщество фитопланктона выявлено нами в районе станции г. Дзержинский, где проводили

исследование годовой динамики развития фитопланктонного сообщества. С середины октября до начала марта численность фитопланктона находилась на стабильно низком уровне по сравнению с остальным периодом съемки, при том, что абсолютные значения численности в этот период были достаточно высокими (не менее 0,4 млн. кл./л), а в отдельные дни достигали 2 млн. кл./л и более (рис. 4) за счет развития цианобактерии *Aphanocapsa incerta* (Lemm.) Cronb. et Kom. (до 60,5% общей численности). Температура воды реки в это время не опускалась ниже 8°C. Между численностью фитопланктона и температурой воды отмечена положительная корреляция ($r = 0,5907$; $p = 0,000008$). Также необходимо отметить, что на станции г. Дзержинский временную динамику общей численности фитопланктона на протяжении практически всего года определяли в основном цианобактерии. Другой выявленной нами особенностью годовой динамики фитопланктона на станции г. Дзержинский является массовое развитие фитопланктона в период летней межени (середина июня – начало августа) – до 24,51 млн. кл./л (рис. 4). Для верхнего течения р. Москвы (станция выше г. Звенигорода), где фитопланктон находится в условиях естественного температурного режима и меньших концентраций биогенов, наоборот, наблюдалось падение численности в период летней межени (в среднем до 0,5 млн. кл./л).

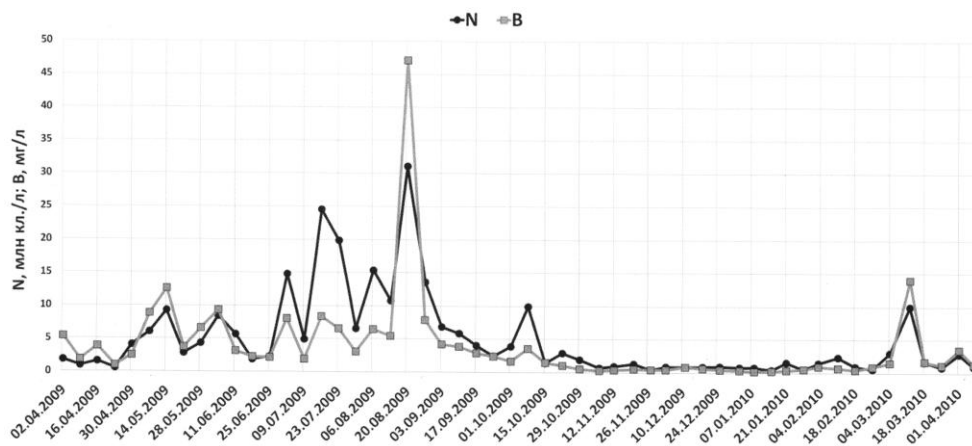


Рис. 4. Годовая динамика численности (N) и биомассы (B) фитопланктона на станции г. Дзержинский в 2009-2010 гг.

Принимая во внимание характерную для р. Москвы высокую степень пространственно-временной неоднородности естественных и антропогенных факторов, оценка качества воды была проведена как по тракту реки, так и в течение года. Минимальное значение индекса сапробности воды по Пантле и Букку в модификации Сладечека зарегистрировано выше г. Можайска (1,65), где в фитопланктоне доминировали

низкосапробные эпифитонные виды, а максимальное – в районе г. Дзержинский (2,90) (рис. 5). Значения индекса для р. Москвы варьировали в пределах β -мезосапробной зоны (умеренно-загрязненные воды): среднее значение индекса для верхнего течения – 1,97, для нижнего – 2,15. Исключением являлись станции г. Дзержинский и дер. Заозерье, где из-за массового развития высокосапробной цианобактерии *Pseudanabaena*

galeata Böcher значение индекса в летний период 2010 г. соответствовало α -мезосапробной зоне (загрязненные воды). При этом в ходе годовой съемки на станции г. Дзержинский значение индекса не выходило за пределы олиго- и β -мезосапробной зон (от 1,34 в середине марта до 2,03 в середине июня 2009 г. при среднегодовом значении 1,76). Среднегодовое значение индекса

сапробности в верхнем течении реки (станция выше г. Звенигорода) составило 1,64. Необходимо отметить, что наиболее низкие значения на обеих станциях были зарегистрированы в зимне-весенний период, что обусловлено доминированием низкосапробных диатомей, в первую очередь *Fragilaria capucina* Desm. (до 50,9% общей численности).

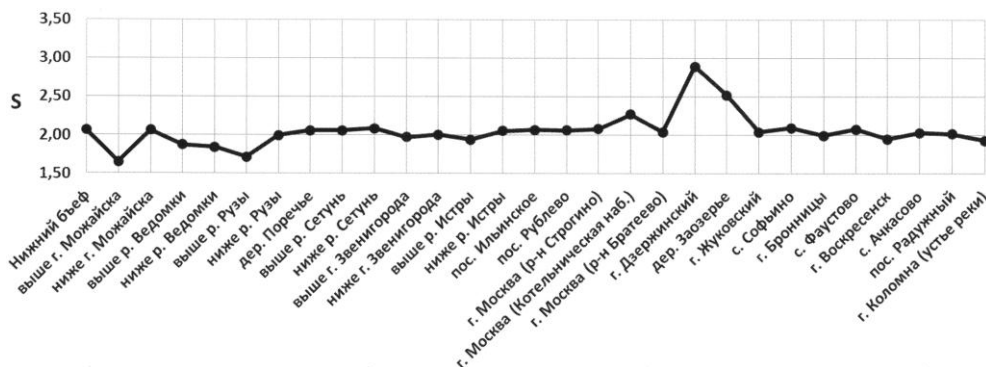


Рис. 5. Сапробность воды (S) р. Москвы по индексу Пантле и Букка в модификации Сладечека в июне 2010 г.

Результаты наших исследований показывают, что качество вод р. Москвы, оцененное по индексу Пантле-Букка в модификации Сладечека, в целом сходно для верхнего участка тракта и для участка тракта реки в черте города и ниже по течению. Вода на всем протяжении р. Москвы, как в верхнем, так и в нижнем течении, может быть охарактеризована как умеренно-загрязненная. Это не противоречит данным других авторов, полученным в разные годы на отдельных участках тракта реки: так в 1990-х гг. сапробность вод р. Москвы в черте города варьировала в пределах 1,6-2,43 [13]; в 2000-х гг. на участке район Тушино г. Москвы – г. Коломна были отмечены колебания сапробности воды в пределах от 1,7 до 2,23 [1], что также соответствует β -мезосапробной зоне. В то же время, принимая во внимание высокую антропогенную нагрузку на экосистему реки на всем ее протяжении от Можайского водохранилища до устья, индекс сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека, по-видимому, «завышает» качество воды, что может быть обусловлено рядом причин. По мнению ряда авторов [21] метод Пантле и Букка не позволяет получить несмещенную оценку принадлежности вод изучаемого водного объекта к классам сапробности, а только меру расстояния «сапробного центра тяжести» от граничной черты. Это обуславливает наибольшую встречаемость мезосапробных зон при расчетах сапробности воды различных водных объектов. В то же время при β -мезосапробных условиях часто происходит сильное изменение структуры сообщества и качества воды в ходе эвтрофирования, в

то время как значение индекса не изменяется. Таким образом, индекс Пантле и Букка, как и другие сапробиологические индексы, улавливает, как правило, только сильное загрязнение водных объектов или их участков [22].

В верхнем течении реки значительная скорость течения может «маскировать» наличие органического загрязнения, препятствуя массовому развитию как всего фитопланктона в целом, так и его высокосапробных лимнофильных форм в частности. В нижнем течении реки, где формирование сообщества фитопланктона происходит под воздействием сточных вод города, отличающихся разнокачественностью своего состава, результаты оценки качества воды с помощью данного метода могут быть значительно искажены за счет лимитирующего действия на виды-индикаторы множества компонентов стоков, влияние которых данным индексом не учитывается. Также объемы сброса сточных вод очистными сооружениями изменяются во времени, изменяется соответственно и содержание загрязняющих веществ в реке, что сказывается на временной динамике качества ее воды. Кроме этого, естественная сезонная сукцессия фитопланктона ниже города изменяется под воздействием повышенных температур очищенных стоков, что совместно с неравномерными объемами их сброса может являться одной из причин неустойчивости фитопланктонного сообщества, особенно в холодные периоды года. Так, наиболее резкие и частые колебания значений индекса сапробности (от 1,34 до 1,97) приходятся на зимне-весенний период. Необходимо отметить и такой

аспект влияния сточных вод, как разбавление водных масс реки, что приводит к существенно снижению численности фитопланктона ниже выпусков станций аэрации и влияет на репрезентативность результатов. Помимо этого, при расчете индекса сапробности фигурирует такая характеристика вида, как сапробное значение организма-сапробионта (s_i), отражающая толерантность вида к органическому загрязнению [23]. Однако, как для биоценозов, так и для отдельных представителей биоты, характерна адаптация к химическим нагрузкам и загрязнению, вследствие чего величина s_i может изменяться со временем в условиях различных концентраций загрязняющих веществ. Все это требует осторожной интерпретации результатов оценки качества воды по индексу Пантле и Букка в модификации Сладечека в условиях городских водотоков.

Выводы:

1. Реки высокоурбанизированных территорий представляют собой сложную многофакторную систему, в которой развитие фитопланктона резко отличается от его развития в реках, не испытывающих значительного антропогенного воздействия, выражающегося в

- изменении температуры воды под воздействием теплых городских стоков;
- разбавлении вод реки сточными водами станций аэрации, что понижает значения численности и биомассы фитопланктона;
- внесении в реку больших объемов сточных вод, богатых биогенными элементами, с очистных сооружений городов;
- воздействии различных загрязняющих веществ, поступающих с промышленно-ливневыми стоками, и нередко отличающихся высокой токсичностью;
- поступлении значительных объемов органических веществ и минеральных форм биогенных элементов с сельскохозяйственных угодий и животноводческих комплексов;
- зарегулированности стока реки гидротехническими сооружениями, что значительно снижает скорость течения и повышает неравномерность расхода воды в реке.

Все это сказывается на структуре планктонной альгофлоры рек высокоурбанизированных территорий и возможности ее использования в гидробиологическом мониторинге рек такого типа.

2. Для более эффективного использования фитопланктонного сообщества необходимо проведение ряда дополнительных исследований. В-первых, изучение механизмов адаптации водорослей к многокомпонентному загрязнению с целью выявления пределов их толерантности.

Во-вторых, исследование возможности модификации индекса Пантле и Букка с целью повышения его эффективности при высокой степени неоднородности среды и разнокачественности загрязнения. В-третьих, для данных условий желательна разработка других, более чувствительных индексов оценки качества воды по сообществу фитопланктона, учитывающих региональные особенности речного бассейна и уровень социально-экономического развития населенных пунктов, расположенных на водосборной площади.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Щеголькова, Н.М. Динамика экологического состояния основного водотока мегаполиса (на примере реки Москвы): Дисс. ... докт. биол. наук. – М., 2007. 325 с.
2. Михеева, Т.М. Индикаторное значение и функциональная роль фитопланктона в реках с разной степенью загрязнения / Т.М. Михеева, А.П. Ганченкова // Гидробиологический журнал. 1979. Т. 15, № 1. С. 53-60.
3. Хромов, В.М. Растительные сообщества в мониторинге пресных вод – источников водоснабжения: Дисс. ... докт. биол. наук. – М., 2004. 280 с.
4. Bellinger, E.G. Freshwater Algae. Identification and Use as Bioindicators / E.G. Bellinger, D.C. Sige. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. 271 p.
5. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений // Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1992. 239 с.
6. Sládeček, V. System of water quality from the biological point of view // Archiv für Hydrobiologie. Spec. Issues: Advances in Limnology. 1973. Vol. 7. P. 1-218.
7. Савич, В.Г. Биологические и физико-химические наблюдения на Москве-реке района Гидрофизиологической станции Института экспериментальной биологии / В.Г. Савич, Е.И. Балкашина // Тр. Звенигородской гидрофизиологической станции. Сб. «Применение методов физической химии к изучению биологии пресных вод». – М., 1928. С. 469-569.
8. Русанов, А.Г. Пространственно-временная изменчивость сообщества эпифитона реки Москвы и факторы ее регулирующие: Дисс. ... канд. биол. наук. – М., 2002. 162 с.
9. Оханкин, А.Г. Динамика состава массовых видов фитопланктона при эвтрофировании и зарегулировании речного стока (на примере р. Волги) // Вестник Нижегородского ун-та. Сер. «Биология». 1999. № 1. С. 5-10.
10. Михеева, Т.М. Сукцессия видов в фитопланктоне: определяющие факторы. – Мн.: Изд-во БГУ, 1983. 72 с.
11. Булгаков, Н.Г. Биогенные элементы в среде и фитопланктон: отношение азота к фосфору как самостоятельный регулирующий фактор / Н.Г. Булгаков, А.П. Левич // Успехи современной биологии. 1995. Т. 15, вып. 1. С. 13-23.

12. *Takahashi, M.* Multi-regression analysis of Microcystis bloom with various environmental parameters in eutrophic Lake Kasumigaura, Japan / *M. Takahashi, I. Nomura, M. Komatsu, S. Ishimura* // *Proceedings – International Association of Theoretical and Applied Limnology*. 1981. Vol. 21, Pt. 1. P. 659-663.
13. *Тумбинская, Л.В.* Альгофлора реки Москвы в черте города: Дисс. ... канд. биол. наук. – М., 2006. 136 с.
14. *Щеголькова, Н.М.* Охрана загрязненной реки: интенсификация самоочищения и оптимизации водоотведения / *Н.М. Щеголькова, Е.В. Веницианов*. – М.: РАСХН, 2011. 388 с.
15. *Витвицкая, Т.В.* Многолетняя динамика минеральных форм азота и фосфора в воде верхнего участка Москвы-реки в процессе ее эвтрофирования / *Т.В. Витвицкая, В.М. Хромов, О.Г. Цыцарина* // *Водные ресурсы*. 1994. Т. 21, № 3. С. 344-349.
16. *Шкундина, Ф.Б.* О воздействии аммонийного азота на фитопланктон р. Белой // *Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки состояния природных вод*. – Ярославль, 1996. С. 104-107.
17. *Девяткин, В.Г.* Гидрофизические факторы продуктивности литорального фитопланктона: влияние гидрофизических факторов на динамику фотосинтеза фитопланктона / *В.Г. Девяткин, Н.Ю. Метелева, И.В. Мумропольская* // *Биология внутренних вод*. 2000. № 1. С. 45-52.
18. *Козицкая, В.Н.* Влияние температурного фактора на рост и размножение водорослей с различными типами пигментных систем // *Гидробиологический журнал*. 1991. Т. 27, № 5. С. 62-71.
19. *Кожова, О.М.* Влияние антропогенных факторов на фитопланктон и качество р. Ангары / *О.М. Кожова, Г.И. Кабанова* // *Водные ресурсы*. 1980. № 1. С. 61-66.
20. *Hyenstrand, P.* Factors determining cyanobacterial success in aquatic systems – a literature review / *P. Hyenstrand, P. Blomqvist, A. Pettersson* // *Archiv für Hydrobiologie. Spec. Issues: Advances in Limnology*. 1998. Vol. 51. P. 41-62.
21. *Шутиков, В.К.* Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / *В.К. Шутиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко*. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
22. *Klapwijk, S.P.* Biological assesment of the water quality in South-Holland (The Netherlands) // *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*. 1988. Vol. 73, Is. 5. P. 481-509.
23. *Баринава, С.С.* Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / *С.С. Баринава, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова*. – Тель-Авив, 2006. 498 с.

PROBLEMS OF USE THE PHYTOPLANKTON IN HYDROBIOLOGICAL MONITORING OF THE RIVERS AT HIGH-URBANIZED TERRITORIES (ON THE EXAMPLE OF MOSCOW RIVER)

© 2013 D. V. Rostanets, K.P. Khazanova, V.M. Khromov

Moscow State University named after M.V. Lomonosov

Researches of phytoplankton in Moscow river are conducted, features of its development in the conditions of strong anthropogenic press are revealed. The character of influence on the community of current speed, water temperature and maintenance of various forms of nitrogen and phosphorus is shown. The assessment of the river water quality by phytoplankton community is carried out. Problems of using the phytoplankton in hydrobiological monitoring of the rivers at high-urbanized territories are analysed.

Key words: *phytoplankton, urbanization, bioindication, water quality, Moscow river, saprobity index*

Dmitriy Rostanets, Candidate of Biology, Senior Research Fellow at the Hydrobiology Department. E-mail: dvrostanets@mail.ru
Kseniya Khazanova, Minor Research Fellow at the Hydrobiology Department. E-mail: avilon.9@yandex.ru
Viktor Khromov, Doctor of Biology, Professor, Main Research Fellow at the Hydrobiology Department. E-mail: vmkhromov@yandex.ru