

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В Р.МОСКВЕ

М.А. Терешина, О.Н. Ерина, Д.И. Соколов, Л.Е. Ефимова, С.Р. Чалов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

SPATIAL VARIABILITY OF NUTRIENT CONCENTRATIONS IN THE MOSCOW RIVER

M.A. Tereshina, O. Erina, D.I. Sokolov, L.E. Efimova, S.R. Chalov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Исследовано продольное изменение содержания азота и фосфора в воде р. Москвы в августе 2019 года от ее истока до устья. Показано многократное увеличение концентраций и возрастание доли органических форм элементов ниже г. Москвы и других городов.

Changes in phosphorus and nitrogen content along the Moscow River are analyzed based on data of August 2019. Manifold increase of nutrient concentrations and increased proportion of their organic forms is observed downstream of the Moscow City and other towns.

Введение. Вопрос изучения качества воды в реке Москве требует постоянного внимания в связи с огромной хозяйственной важностью реки и все возрастающей антропогенной нагрузкой на нее. Бытовые, промышленные и другие сточные воды, поступая в водотоки бассейна р. Москвы, формируют значительную пространственную неоднородность химического состава речных вод. При этом загрязнение вод р. Москвы является проблемой не только территорий, расположенных непосредственно в пределах ее водосбора: москворецкие воды являются значимым источником поступления загрязняющих веществ в р. Оку и, следовательно, в Волгу [1].

Основным источником загрязнения р. Москвы выступает Московская городская агломерация: ниже г. Москвы речной сток более чем наполовину состоит из городских сточных вод [2]. Застройка водосборной территории р. Москвы в пределах Московской области непрерывно продолжается в течение последних десятилетий, неконтролируемое строительство может вестись даже в зонах санитарной охраны, что приводит к дополнительной нагрузке на водотоки. На химический состав воды влияет также регулирование стока, причем трансформированный пятью основными водохранилищами (Истринское, Можайское, Верхне-Рузское, Рузское и Озернинское) речной сток составляет 51% от всего притока к г. Москве.

Среди исследований, посвященных химическому составу вод реки Москвы, основная часть работ посвящена либо верхней части бассейна (до г. Москвы), либо замыкающему створу реки. Это ограничивает возможности по выделению конкретных источников загрязнения и не позволяет достаточно подробно оценить изменение состава вод по длине реки.

Целью данного исследования стало более подробное изучение пространственной неоднородности химического состава р. Москвы. В этой работе приводятся результаты анализа содержания биогенных веществ – азота и фосфора. Именно эти элементы являются важными факторами антропогенного эвтрофирования, в связи с чем их динамика может определять экологическое состояние р. Москвы, а при их высоких концентрациях – также рек Оки и Волги.

Материалы и методы. В августе 2019 года нами было отобрано 39 проб воды по длине р. Москвы, а также 16 проб на важнейших ее притоках (рис. 1). Точки отбора проб на р. Москве назначались ниже водохранилищ, крупных притоков и других возможных источников загрязнения.

Содержание общего и минерального фосфора определялось колориметрически по методу Морфи-Райли, содержание общего азота – методом персульфатного окисления в щелочной

среде. Среди минеральных форм азота концентрации нитратов и аммония были определены с помощью метода ионной хроматографии, концентрация нитритов – фотометрически с использованием реактива Грисса.

Для определения содержания растворенных форм азота и фосфора проводилось повторное определение после фильтрования через фильтры с диаметром пор 0,45 мкм.

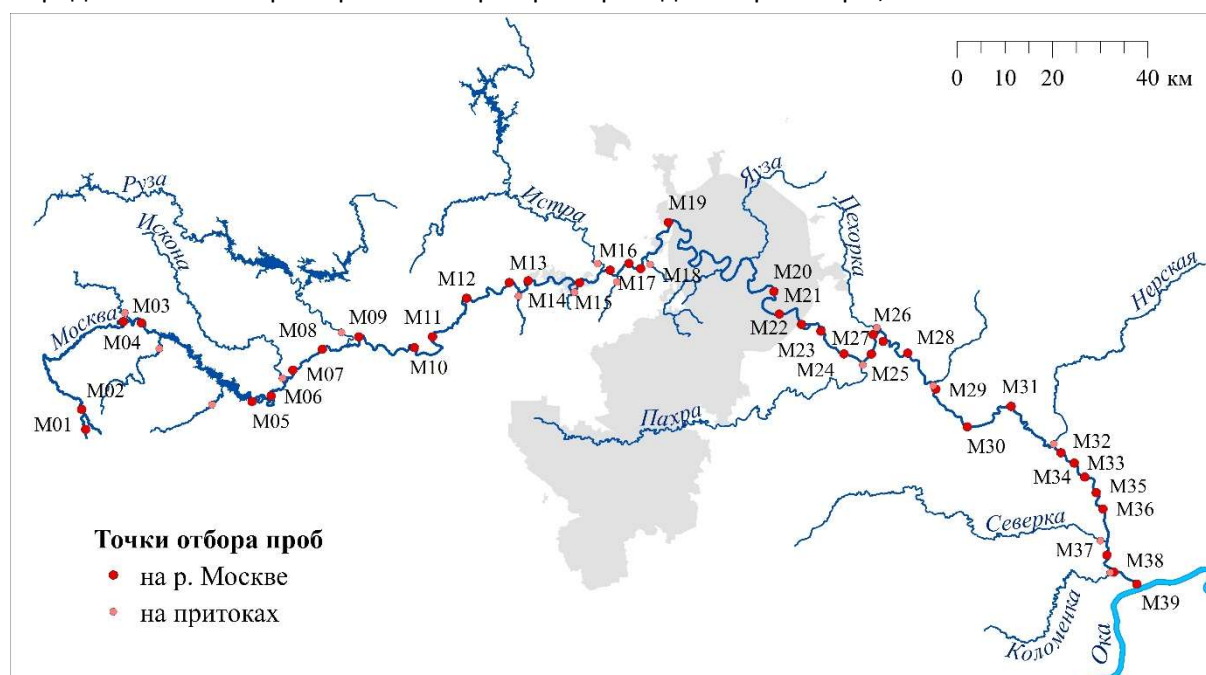


Рис. 1. Схема точек отбора проб в бассейне р. Москвы

Результаты и их обсуждение. В верховьях р. Москва характеризуется достаточно невысоким содержанием биогенных элементов. Выше Можайского водохранилища (точки M1-M4) содержание минерального фосфора составляет 0,02-0,03 мг/л, общего фосфора – 0,03-0,05 мг/л (у самого истока – до 0,12 мг/л). Концентрация общего азота здесь составляет 0,4-0,8 мг/л (2,7 мг/л у истока), аммонийного – 0,1-0,3 мг/л, нитратного – 0,01-0,05 мг/л, нитритного – до 0,004 мг/л.

В нижнем бьефе Можайского водохранилища (точка M5) вследствие интенсивных продукционных процессов доля органического фосфора увеличивается с 30-40 % до 93%, отношение взвешенного фосфора к общему возрастает с 10-50% до 70%. Доля органического азота остается на уровне около 80%, хотя суммарное содержание азота несколько увеличивается (с 0,5 до 0,9 мг/л).

В дальнейшем содержание биогенных элементов в целом плавно увеличивается до г. Москвы: к пос. Барвиха (т. M18) содержание общего азота достигает 1,3 мг/л, общего фосфора – 0,19 мг/л. Соотношение между различными формами элементов также остается практически неизменным: наблюдается близкое к единице отношение между взвешенной и растворенной и между минеральной и органической формами фосфора. Доля минерального азота составляет около 30-40%, более половины азота представлено растворенной формой.

В пределах г. Москвы (точки M19-M22) концентрации биогенных веществ ступенчато возрастают (рис. 2, 3). Содержание общего азота увеличивается примерно в 6 раз (до 6,3 мг/л), общего фосфора – примерно в 2 раза (до 0,36 мг/л). До 70% фосфора и до 60% азота приходятся на минеральные растворенные формы. Именно на этом участке достигается устойчивое превышение установленных рыбохозяйственных нормативов качества воды.

Ниже города концентрации продолжают повышаться за счет поступления стоков с станций водоочистки. Ниже Люберецких очистных сооружений (т. М26) концентрации достигают максимума: содержание общего азота достигает 23,8 мг/л, общего фосфора – 0,85 мг/л. Превышение рыбохозяйственных ПДК по фосфатам здесь достигает 3,5 раз (0,69 мг/л при ПДК_{рх} 0,2 мг/л для эвтрофных водоемов). Кратность превышения для аммонийного азота – 9 (3,63 мг/л при ПДК_{рх} 0,4 мг/л), для нитритного – 23 (0,46 мг/л при ПДК_{рх} 0,02 мг/л). Превышения ПДК по нитратному азоту отмечено не было. Доля минерального растворенного фосфора достигает уже почти 90%, азота – 75%. Все это свидетельствует о недостаточной эффективности очистки коммунально-бытовых сточных вод городскими очистными сооружениями.

Дополнительную биогенную нагрузку на р. Москву в пределах города и непосредственно ниже него оказывают и загрязненные азотом и фосфором притоки. Если реки, впадающие в р. Москву в ее верхнем течении – Иночь, Искона, Руза и др. – характеризуются концентрациями, близкими к верховьям самой р. Москвы, то притоки, чьи водосборы оказываются в пределах городской агломерации, оказываются существенно загрязнены. Например, в водах р. Пахры содержится 4,4 мг общего и 0,27 мг нитритного азота и более 1 мг/л общего фосфора. В водах р. Пехорки содержание общего азота достигает 12,8 мг/л, общего фосфора – 1,3 мг/л.

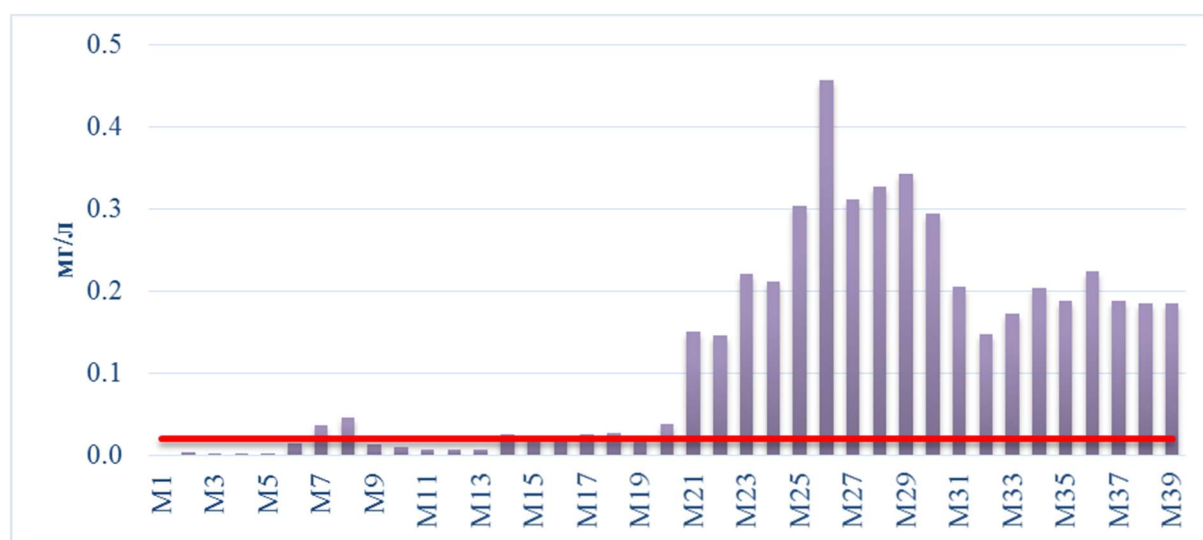


Рис. 2. Изменение содержания нитритного азота по длине р. Москвы (красная линия – ПДК_{рх}=0,02 мг/л [3])

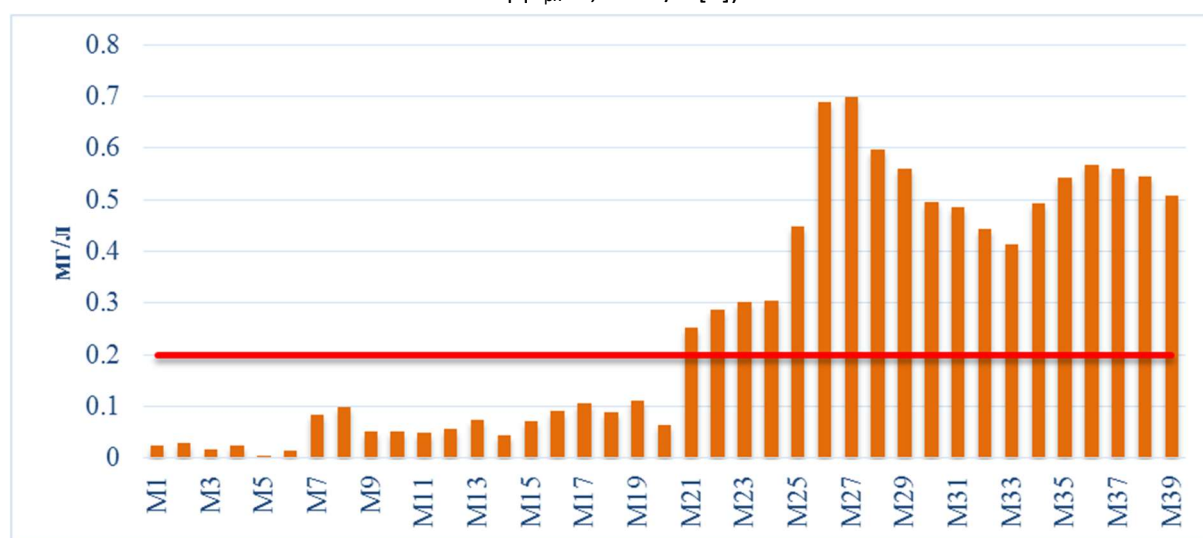


Рис. 3. Изменение содержания фосфора фосфатов по длине р. Москвы (красная линия – $\text{ПДК}_{\text{рх}}=0,2 \text{ мг/л}$ [3])

При дальнейшем движении вниз по течению процессы самоочищения приводят к постепенному снижению концентраций биогенных элементов, однако вплоть до устья их значения остаются повышенными и не опускаются ниже нормативно допустимых. Влияние сточных вод г. Воскресенска (т. М33-М34) приводит к очередному скачкообразному повышению концентраций азота и фосфора, дальше же по течению они оказываются в целом неизменными. Вплоть до впадения в р. Оку содержание общего фосфора не опускается ниже 0,5 мг/л, минерального – ниже 0,37 мг/л. Концентрации общего азота сохраняются на уровне 7-7,3 мг/л, нитритного – 0,18-0,22 мг/л.

Выводы. В продольном изменении содержания биогенных элементов в р. Москве четко прослеживается влияние регулирования стока и сброса городских сточных вод. Ниже г. Москвы содержание азота и фосфора в воде р. Москвы возрастает в 5-10 раз в результате недостаточной очистки городских сточных вод, превышение ПДК по фосфатам, нитритам и аммонии достигает 5-20 раз. Повышенные концентрации биогенных элементов наблюдаются и в притоках р. Москвы, чьи водосборы охватывают территорию ниже по течению от г. Москвы (по сравнению с притоками, расположенными выше и ниже).

Влияние городской агломерации г. Москвы в виде многократного повышения содержания растворенных минеральных форм азота и фосфора по сравнению с фоновыми значениями прослеживается вплоть до впадения р. Москвы в Оку. Это дает основания считать биогенную нагрузку г. Москвы значимым фактором в развитии антропогенного эвтрофирования не только объектов водосборного бассейна р. Москвы, но и всего Окского, и, возможно, Волжского бассейна.

Литература

1. Джамалов Р.Г., Никаноров А.М., Решетняк О.С., Сафронова Т.И. Воды бассейна Оки: химический состав и источники загрязнения // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – №. 3. – С. 114-132.
2. Щеголькова Н.М. Влияние города на формирование экологического состояния р. Москвы (Исторический аспект) // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34. – №. 2. – С. 238-248.
3. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. N 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения"

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-77-00004).

This study was supported by the Russian Science Foundation (project No. 19-77-00004).