

УДК (282.247.412.2):504.4.06

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОД МОСКВЫ-РЕКИ В СТОЛИЧНОМ МЕГАПОЛИСЕ

И.М. ЯШИН¹, И.И. ВАСЕНЕВ¹, И.В. ГАРЕЕВА², В.А. ЧЕРНИКОВ¹

¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;

²ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в г. Москве»)

Рассматриваются результаты полевых и лабораторных исследований качества вод Москвы-реки по сезонам 2010–2014 гг. в створах, расположенных до мегаполиса, в центре города и на выходе вод реки за пределы города. Установлено устойчивое загрязнение вод Москвы-реки ионами железа, фенолами, нефтепродуктами, ионами аммония и другими экотоксикантами, заметно ухудшающими экологическую безопасность и качество вод в пределах столичного мегаполиса.

Ключевые слова: вода, Москва-река, притоки реки, нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы, аммоний, нитриты, БПК, экологическая безопасность воды для пищевых целей.

По результатам комплексного обследования бассейна Москвы-реки, проведенного специалистами «Росприроднадзора» еще в 2004–2005 гг., вода реки отнесена к «очень грязным водоемам шестого класса качества с индексом загрязненности вод (ИЗВ) от шести до десяти». В этой связи «Мосводоканалом», «Мосводостоком» проводится системный локальный мониторинг качества вод Москвы-реки и ее притоков. Однако такие наблюдения требуют дополнительных изысканий и более полного анализа информации о водах Москвы-реки (с учетом загрязнения вод ее притоков в динамике), что и определило цель авторских экологических исследований в 2010–2014 гг.

Объекты исследований

Изучены поверхностные воды Москвы-реки до мегаполиса, в центре и за пределами города Москвы. Площадь бассейна Москва-реки составляет 17640 км². В верхнем течении ширина реки изменяется от 2 до 10 м, в черте российской столицы она составляет примерно 100 м, а в устье — 150 м. От истока к устью увеличивается и глубина реки: около Звенигорода она составляет 1,5 м, а в устье, у города Коломны, — 5 м. Протекая по равнинным ландшафтам южной тайги, в Москва-реку впа-

дает ряд крупных притоков (Руза, Истра, Пахра, Северка и др.), вода которых в той или иной мере уже загрязненная. Водохранилища руслового типа, сооруженные на реке, играют исключительно важную роль в снабжении города Москвы водой. Так, в 1959 г., недалеко от Можайска, было создано Можайское водохранилище, имеющее ширину 1–3 км и глубину 5–10 м. В 1966 г. было создано Рузское водохранилище. Его площадь достигает 3270 га, длина — 36 км, ширина — 0,5–2 км, а глубина водохранилища в среднем достигает 6–7 м. Озернинское водохранилище также предназначено для водоснабжения столицы. Его площадь составляет 2300 га, длина — 29 км, ширина местами достигает 3 км. На территории этого водохранилища оборудовано множество лодочных станций. Истринское водохранилище было создано в 1935 г.: длина — 28 км, площадь — 3360 га, средняя глубина водохранилища — 6 м.

Методы исследований

Отбор проб воды проводили согласно ГОСТ. Катионы железа, меди, марганца, аммония, нитритные анионы в речных водах определяли с помощью фотоэлектродиметрического метода на приборе КФК-3; БПК — по методу Винклера; фенолы — флюориметрическим методом на Флюорате 02-3М; нефтепродукты — ИК-спектрометрическим методом на приборе КН-2; цинк — вольтамперметрическим методом; рН — потенциометрически. Были использованы методы в соответствии с ГОСТ в сертифицированной лаборатории. Результаты анализов вод апробированы с помощью метода вариационной статистики [4, 9].

Результаты и их обсуждение

Установлено, что 83 км Москвы-реки (из общих 478 км), которые проходят в столице, успевают масштабно загрязниться промышленными стоками, что сказывается на ее неблагоприятном экологическом состоянии и качестве воды. Обстановку обостряют Курьяновская и Люберецкая станции аэрации, расположенные на «выходе» из города. Эти станции из-за устаревшего оборудования не справляются с очисткой воды. Почему так происходит? В известной мере это связано со следующими социально-экономическими факторами.

В последние 70 лет мощная антропогенная нагрузка на подмосковные малые реки возросла особенно сильно, поскольку в 1918–1923 гг. промышленными рубками были охвачены массивы лесов в 30-верстной зоне вокруг столицы. За годы Отечественной войны Подмосковье потеряло еще пятую часть площади своих лесов [3, 7, 8]. Все эти масштабные процессы уменьшили водоносность рек и увеличили их загрязнение тонкодисперсными частицами, органическими веществами и тяжелыми металлами. Большое отрицательное воздействие на реки столичного региона оказала также разработка и массовое осушение болот в Тверской, Московской и Владимирской областях. Последствия этих масштабных мероприятий остро ощущаются до сих пор: бассейн реки Волга существенно обмелел, торфяники горят, что весьма негативно сказывается и на прилегающих аграрных ландшафтах и подземных водах.

Мощное негативное воздействие на малые реки в черте города оказало градостроительство. Около 90 малых рек Москвы заключены в подземные галереи и трубы (рис. 1), а общая протяженность всех 150 подземных и наземных малых рек достигает 400 км. Воды рек подвержены в столице техногенному воздействию

промышленности (сточные воды), водного и автотранспорта, антигололедных реагентов. На малые реки в Подмоскowie, в частности, влияют значительная распаханность ландшафтов (53–64%), «чистые пары» и животноводческие комплексы. Они приводят к эрозии почвенного покрова и загрязнению вод родников, ручьев, прудов и озер. За последние годы в Москве было засыпано более 100 прудов с площадью зеркала около 170 га. На их месте построены здания, проложены улицы, почвы которых «запакованы» асфальтом. Летом, при температуре более 30°C, из асфальта в воздух активно выделяются бенз(а)пирен, фенол, формальдегид и иные токсиканты. Таким образом, налицо недооценка значения небольших водоемов в создании ландшафтно-архитектурного облика столицы и обустройстве комфортных зон отдыха для людей (кроме известных лесопарков: Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Измайловского, парка Лосиный остров и др.).



Рис. 1. Слева — исток Москвы-реки из верхового болота в Подмоскowie; справа — одна из подземных галерей, в которые упрятаны многие реки в мегаполисе

Воды малых рек (Яузы, Сходни...) заметно загрязняют акваторию Москвы-реки в черте города. Например, в воде реки Яуза, как одном из самых загрязненных притоков, концентрация нефтепродуктов, железа и аммония превышает нормативы в 50–100 раз (рис. 4–10). Ниже впадения Яузы в Москву-реку качество воды резко ухудшается: в 3 раза повышается содержание нефтепродуктов, на порядок — бактериальное загрязнение, в 6–8 раз — содержание взвешенных веществ. Поэтому воды Москвы-реки ниже города не могут быть использованы ни в хозяйственно-бытовых, ни в рекреационных целях. Кроме того, промышленными предприятиями столицы ежесекундно сбрасывается более 73 м³ плохо очищенных промышленных стоков — столько же, сколько выносит и Москва-река при выходе из столицы.

Косвенным показателем низкого экологического качества воды в Москве-реке являются величины концентрации ионов водорода — рН (рис. 2). При норме рН 6,8–7,6 величины рН сдвинуты в слабощелочной интервал, в частности, в летний сезон, — очевидно, вследствие сброса синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ): моющих средств, содержащих фосфор. Визуально это проявляется в наличии пены на поверхности воды.

Отметим еще один важный нюанс. Анализ картосхемы, где расположены места свалок в Подмоскowie, показывает, что их большинство (почти 80%) расположено

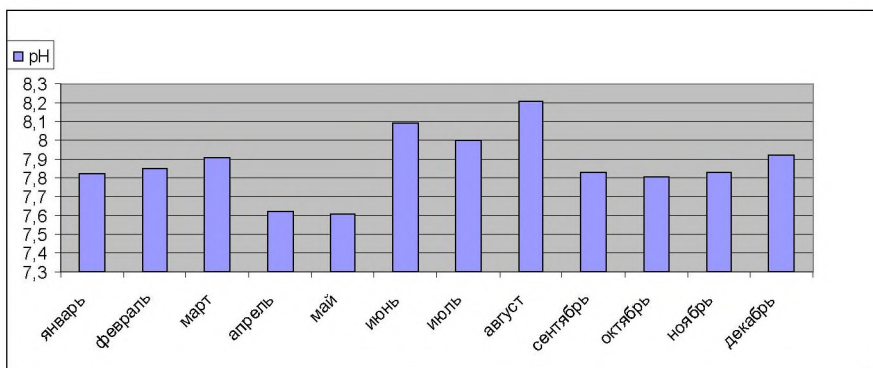


Рис. 2. Сезонная динамика средних значений pH воды в Москве-реке за 2010–2013 гг.

в поймах малых рек и в придолинных ландшафтах (рис. 3). Это приводит к масштабному химическому загрязнению плодородных аллювиальных почв (и овощной продукции) и поверхностных вод. Непонятно одно: кто же контролирует эту опасную экологическую ситуацию в Подмоскowie и почему так происходит? Ведь свалки должны располагаться на плакорах увалов, на мощных суглинистых породах, а не в поймах рек.

При значительном и продолжительном загрязнении сточными водами в воде Москвы-реки заметно изменяются процессы жизнедеятельности водных организмов (гидробионтов и рыбы); большая часть растворенного в воде кислорода расходуется на окисление органических веществ (включая и СПАВы): водоток реки превращается, образно говоря, в «канализационный коллектор», ухудшая эстетический облик столичной реки. Прогулки людей на катерах и пассажирских судах утрачивают былую привлекательность.

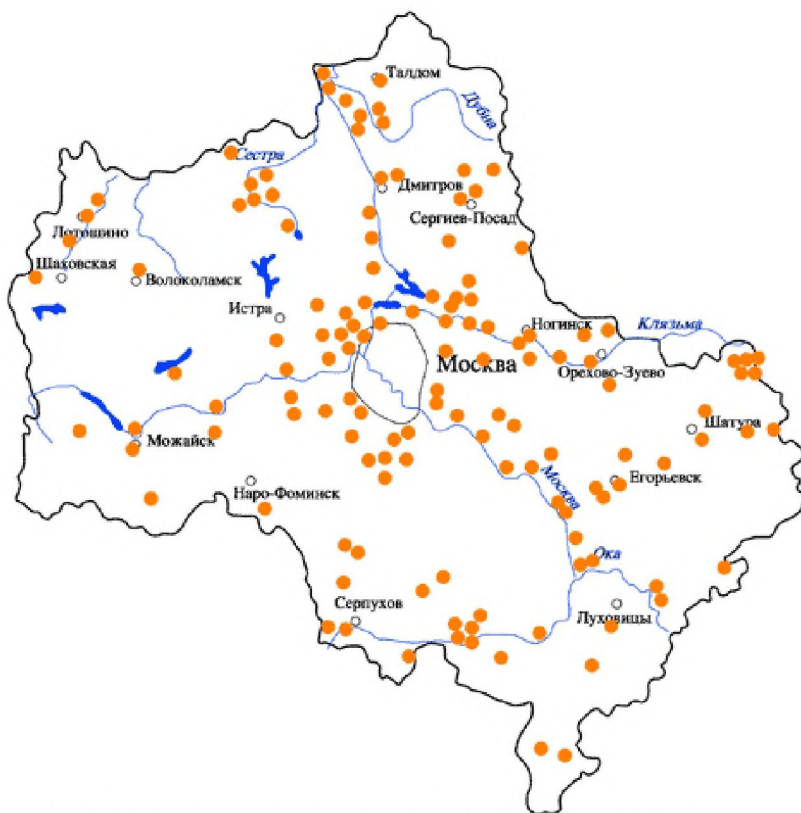
Качество воды в Москве-реке в пределах города и ниже по течению — низкое. Это обусловлено тем, что соотношение сточных и природных вод близко к 2:1, т.е. сточных вод больше, чем природных [1, 5, 12]. После очистки сточные воды не отвечают требованиям по содержанию органических веществ, нефтепродуктов, ионов аммония и тяжелых металлов.

Фенолы могут быть продуктами разложения нефтепродуктов (их низкокипящих фракций), а также гумусовых веществ почвы (рис. 4–6). Наибольшую опасность представляют эти соединения с хлором. При этом могут образовываться и диоксин-подобные вещества — суперэтоксиканты. Поэтому хлорирование вод при их водоподготовке в настоящее время не проводят. Наиболее загрязненными являются участки реки около районов Нагатина, Марьино и Капотня. В черте города Москвы выделяются три участка с разной степенью химического загрязнения речных вод:

1-й — от входа в город до Крымского моста (участок традиционно является наиболее экологически безопасным);

2-й — центральная часть города в пределах Садового кольца, где качество воды по нефтепродуктам и металлам заметно колеблется как в течение года, так и вдоль реки, здесь оно низкое;

3-й — участок нижнего течения реки, где Курьяновская станция аэрации приводит к увеличению концентрации биогенных элементов (аммония, нитритов, фос-



Основные известные свалки на территории Московской области.

Ежегодно в области образуется 6 млн. куб. м бытовых отходов и свыше 1,4 млн. куб. м промышленных отходов. Кроме того, из Москвы в область вывозится свыше 9 млн. куб. м бытовых и 1 млн. тонн промышленных отходов, включая 55 тыс. тонн токсичных.

Рис. 3. Большинство свалок в Подмоскovie незаконно размещено в поймах рек. Это приводит к активному химическому загрязнению плодородных аллювиальных почв (и растениеводческой продукции), а также грунтовых и речных вод (к 2013 г. эта ситуация не изменилась)

фатов), а также нефтепродуктов часто заметно выше значений ПДК. Однако параметр ПДК ориентировочный: неясно, о какой воде идет речь. Требуется унификация данного параметра. Методология экологической оценки загрязнения поверхностных вод разработана неполно и требует экспериментального обоснования.

Концентрация ионов железа в воде Москвы-реки приведена на рисунках 7, 8. Наличие соединений железа в поверхностных водах свидетельствует о процессах деградации гумусовых веществ почв и эрозии почвенного покрова.

Динамика концентраций соединений железа в воде Москвы-реки указывает на устойчивый аккумулятивный тренд данного химического элемента: ситуация в ланд-

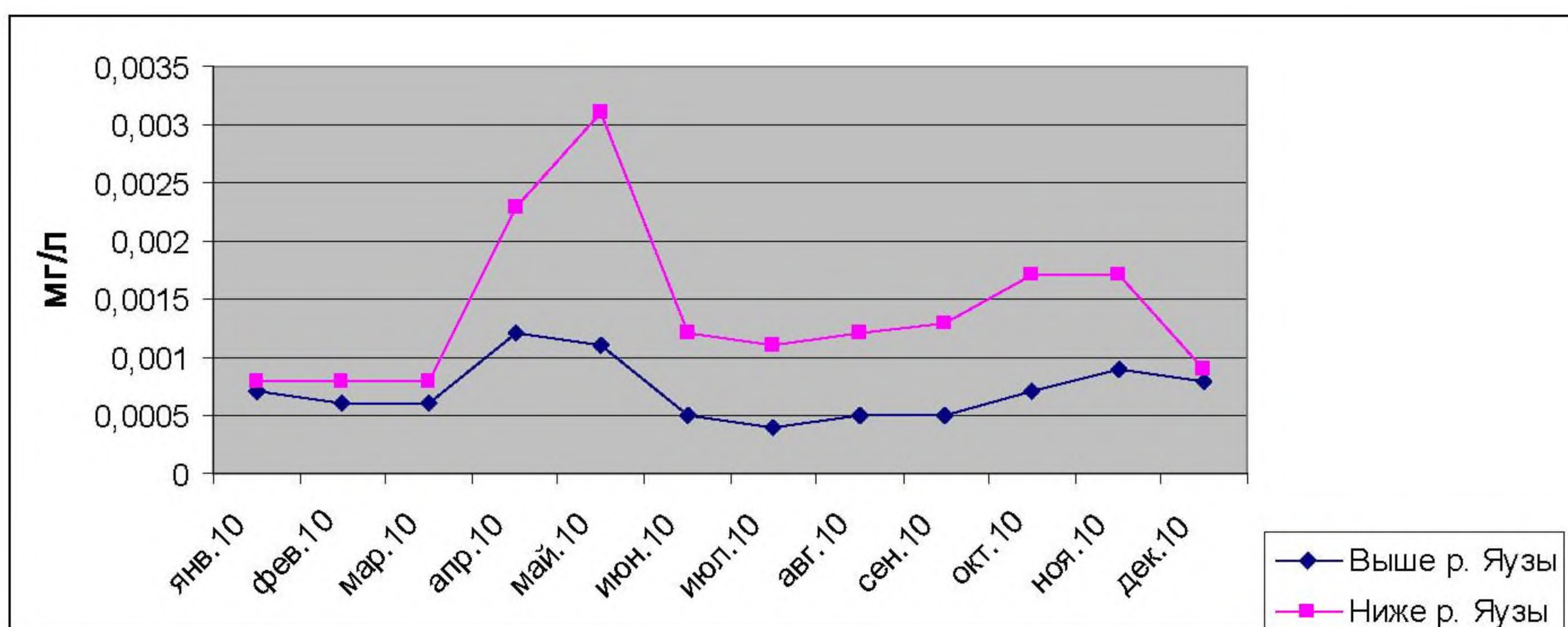


Рис. 4. Концентрация фенолов в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2010 г.

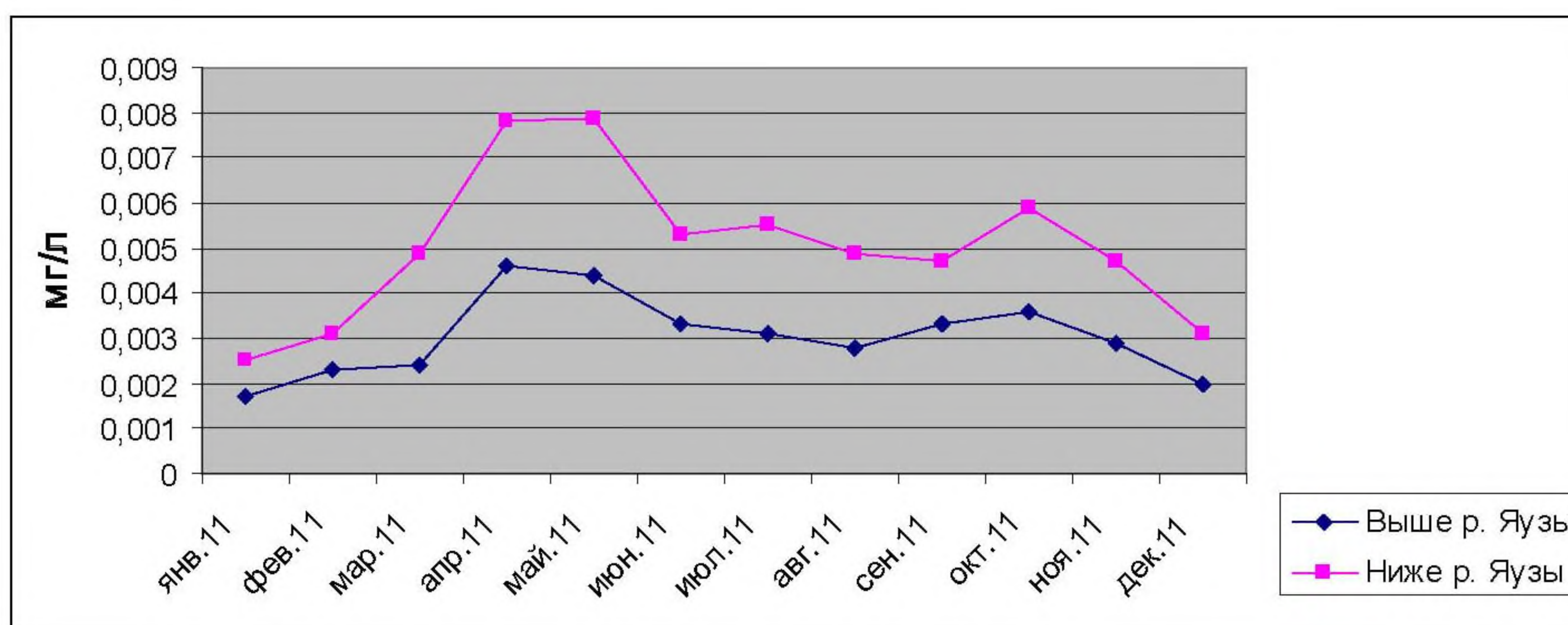


Рис. 5. Концентрация фенолов в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2011 г.

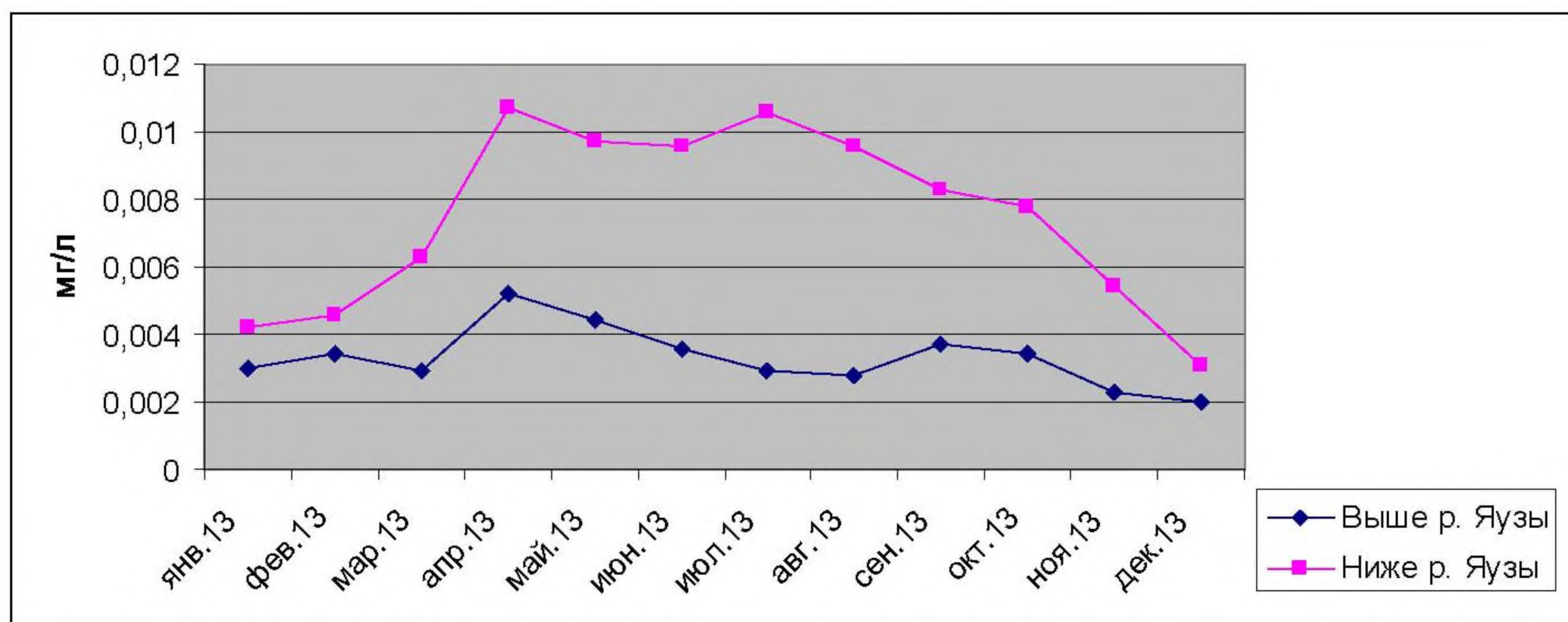


Рис. 6. Концентрация фенолов в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2013 г.

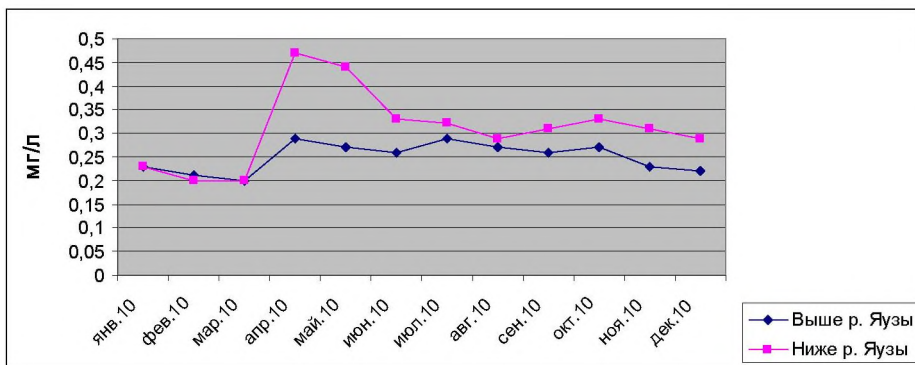


Рис. 7. Концентрация ионов Fe(III) в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2010 г.

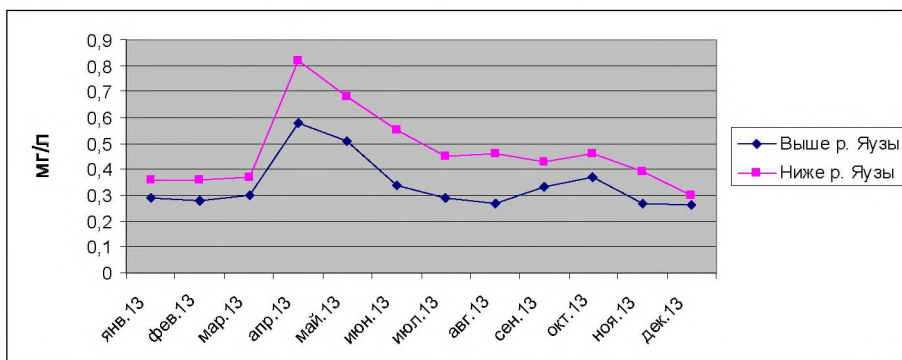


Рис. 8. Концентрация ионов Fe(III) в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2013 г.

шафтах, окружающих речные бассейны рек, постепенно ухудшается. Это связано также с пожарами, рубками леса и незащищенностью почв биотой.

Концентрация ионов аммония в речных водах приведена на рисунках 9, 10. Загрязнение поверхностных вод Москвы-реки ионами аммония устойчивое. Оно связано как с неочищенными стоками (ниже Курьяновской станции аэрации — КСА), так и со смывом удобрений с полей в местные базисы эрозии при их нерациональном внесении. Динамика концентрации ионов аммония в речных водах имеет благоприятный тренд: в сравнении с 2010 г., когда в воде диагностировалось 10,3 мг/л ионов NH_4^+ , в 2013 г. отмечено только 2,6 мг/л ионов аммония.

Сезонная динамика биологического потребления кислорода (БПК) имеет два выраженных максимума: весной, т.е. в период наиболее интенсивного поступления талых вод, и осенью, в период активного выпадения атмосферных осадков и поступления их в реки (рис. 10, 11). При этом в 2013 г. отмечен сдвиг БПК в осенний период, что обусловлено спецификой водного баланса ландшафтов и почв (и выпадением осадков).

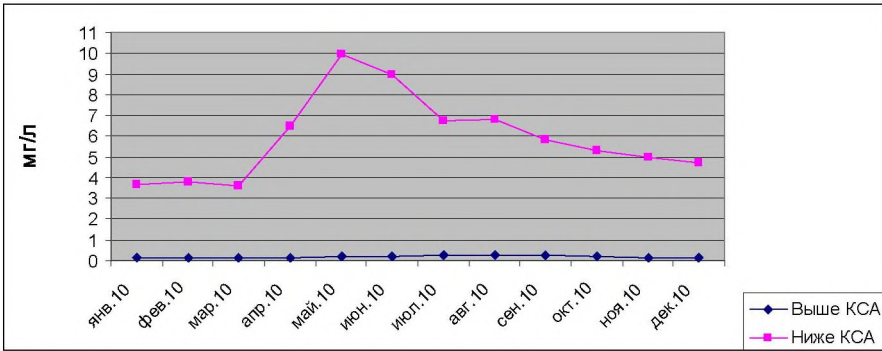


Рис. 9. Концентрация аммонийного азота в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2010 г.

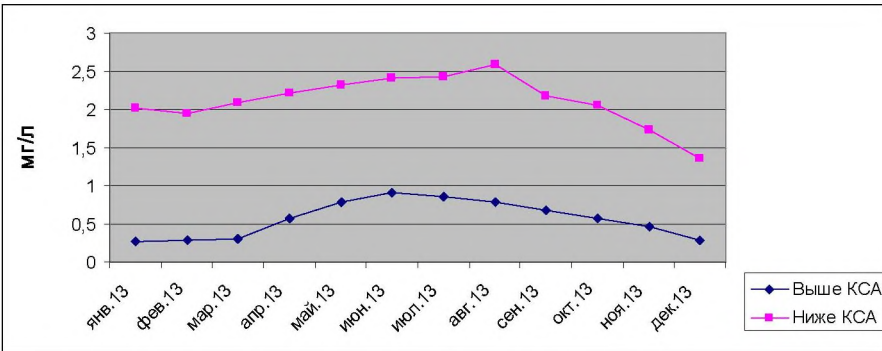


Рис. 10. Концентрация аммонийного азота в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2013 г.

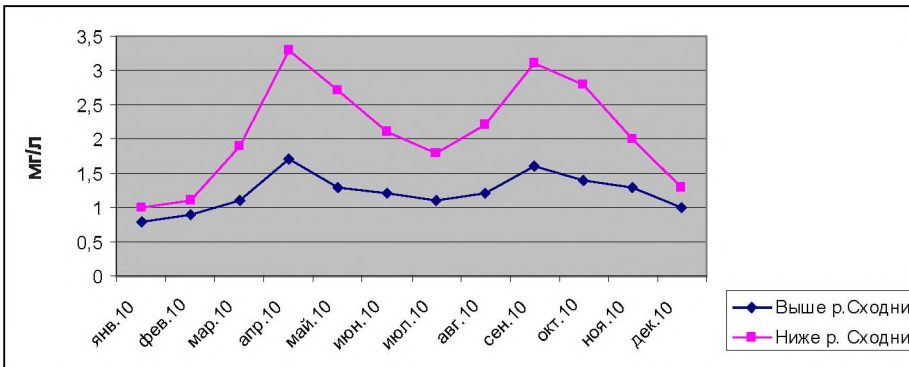


Рис. 11. Изменение концентрации биологического потребления кислорода в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2010 г.

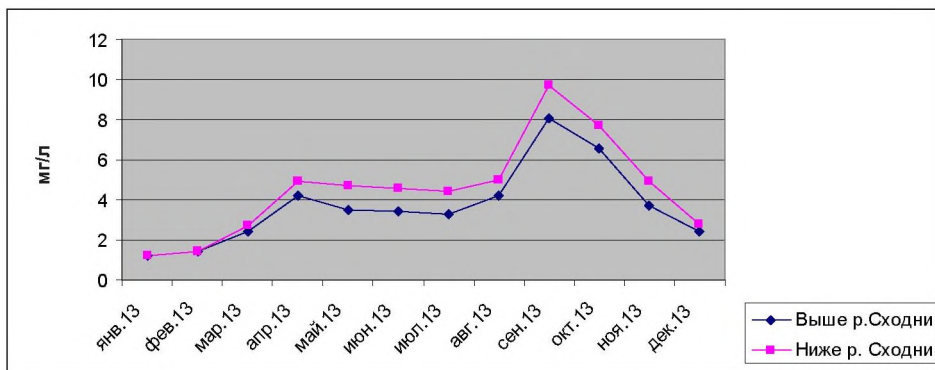


Рис. 12. Изменение концентрации биологического потребления кислорода в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2013 г.

Максимальные количества нефтепродуктов в речных водах наблюдались ежегодно в период весеннего половодья и в осеннюю межень. По-видимому, сбросы нефтепродуктов попадают в Москву-реку преимущественно с поверхностными водами и плохо очищенными стоками (рис. 13–17). Так, в воде р. Сходня концентрация нефтепродуктов варьировала в сезонном и годовом циклах в пределах 0,24–0,43 мг/л с заметным уменьшением концентрации экотоксиканта в 2012 г. — 0,15 мг/л. Наиболее активное загрязнение Москвы-реки вызывают воды реки Яузы. До впадения этой реки концентрация нефтепродуктов в воде заметно меньше, чем ниже по течению.

Нефтепродукты способствуют формированию на поверхности водоема очень тонкой «радужной» пленки (такие пятна нередки на воде), которая резко уменьшает кислородный обмен на границе «Воздух–вода». Поэтому часто ощущается дефицит кислорода в воде, опасный для биоты: рыбы, рачков.

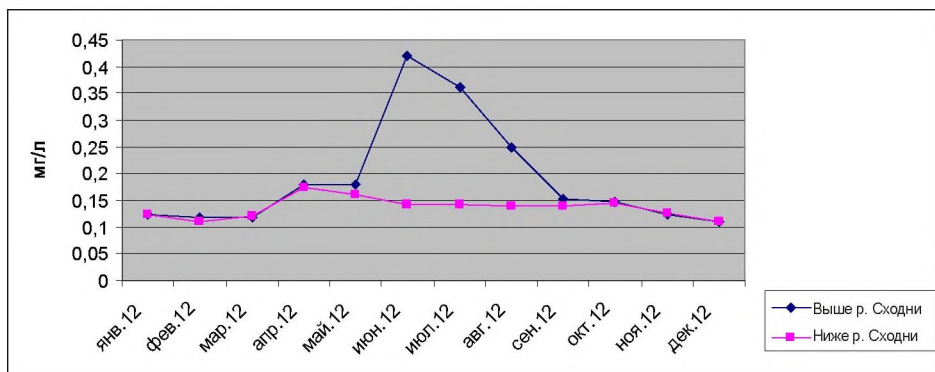


Рис. 13. Концентрация нефтепродуктов в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2012 г.

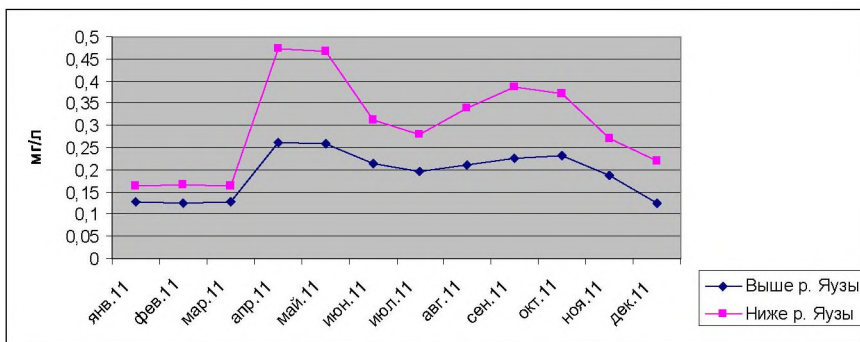


Рис. 14. Концентрация нефтепродуктов в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2011 г.

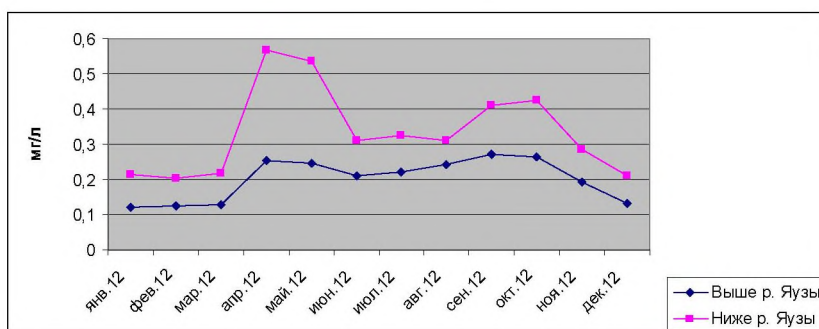


Рис. 15. Концентрация нефтепродуктов в контрольных створах р. Москвы в пределах г. Москвы в 2013 г.

Нефтепродукты, попавшие в речные воды, содержат различные классы органических веществ, отличающихся по токсичности, устойчивости к осаждению и способности к дальней водной миграции. Наиболее опасными для биоты являются легколетучие фракции нефти. Тяжелые компоненты нефтепродуктов довольно быстро осаждаются, образуя на дне реки черные вязкие сгустки. Постепенно вещества сгустков (смолы, воск, гудрон и иные ароматические вещества гидрофобного характера) трансформируются, загрязняя воду и донные осадки. Их экотоксическое действие пролонгировано. Данные вещества весьма негативно влияют на жизнедеятельность рачков-фильтраторов воды и иных гидробионтов. Очистка речной воды гидробионтами заметно ухудшается. Получается двойное негативное воздействие нефтепродуктов на качество воды и биоту: сверху образуется пленка поверхностно-активных веществ, затрудняющих воздухообмен, а снизу — в донных осадках — накапливаются гидрофобные органические вещества (экотоксиканты) пролонгированного действия (таблица).

Притоки Москвы-реки загрязнены многими химическими элементами. Результаты опытов, приведенные в таблице, указывают на активную динамику гидро-

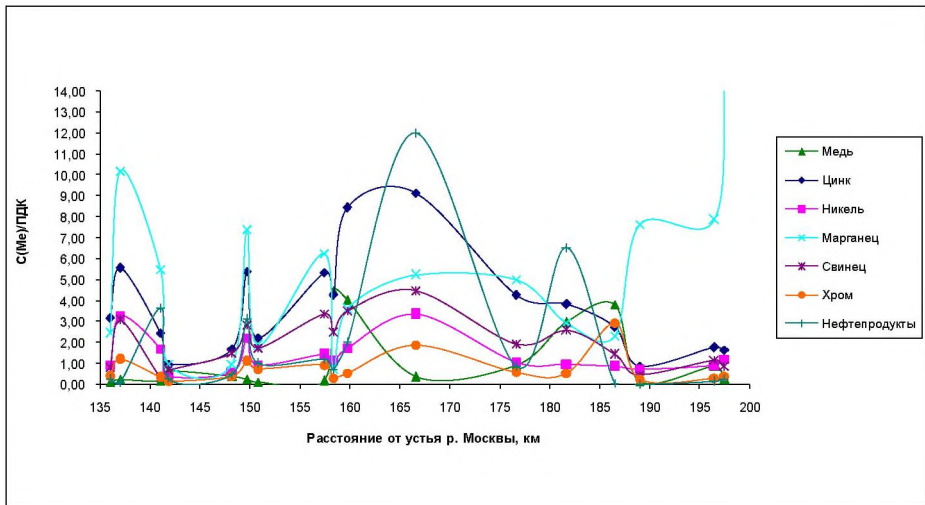


Рис. 16. Загрязненность донных осадков Москвы-реки ионами тяжелых металлов и нефтепродуктами в черте г. Москвы (отбор проб — июль 2010 г.)

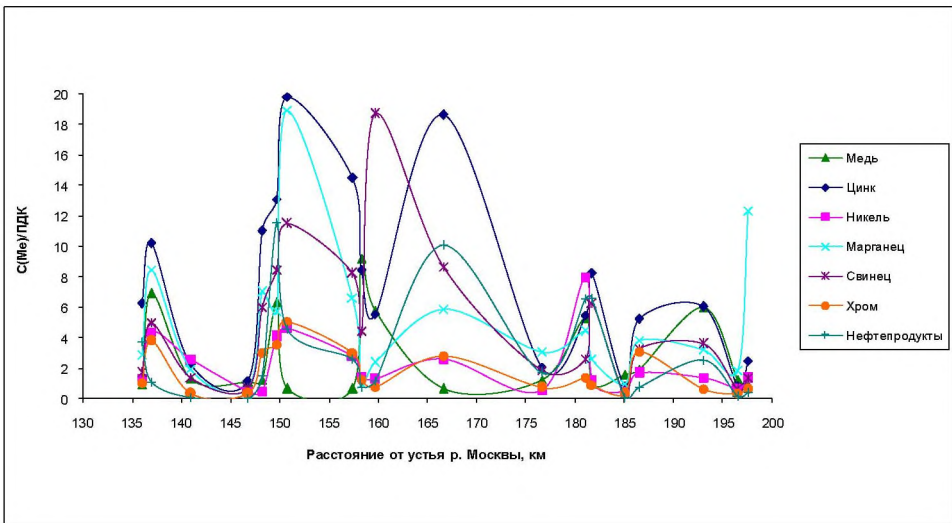


Рис. 17. Загрязненность донных осадков Москвы-реки ионами тяжелых металлов и нефтепродуктами в черте г. Москвы; отбор проб — июль 2012 г. Сведения по загрязнению донных осадков на рисунках 16, 17 соответствуют следующим точкам отбора проб: 136 км — 100 м выше Бесединского моста; 137 км — устье р. Городни; 141 км — 200 м ниже Братеевского моста; 146,8 км — ниже ОКСА; 148 км — выше ОКСА; 149,7 км — устье р. Нищенки; 150,8 км — выше Перервинской плотины; 157,4 км — р-н ЗИЛА; 158,3 км — 5 м ниже устья р. Котловки; 159,7 км — 20 м ниже устья р. Чуры; 166,6 км — 20 м ниже устья р. Яузы; 176,6 км — 20 м ниже устья р. Сетунь; 181,7 км — 20 м ниже устья ручей Ваганьковский Студенец; 186,5 км — 5 м ниже устья р. Таракановки; 189 км — 200 м выше шлюза № 9; 196,5 км — ниже устья р. Сходни; 197,5 км — выше устья р. Сходни

Концентрации растворимых веществ (мг/л) в притоках Москвы-реки за 1–3 кв. 2014 г.

Анализируемые вещества и (х.э.)	Изучаемые створы притоков Москвы-реки																						
	ниже п. Рублево				Спасский мост				ниже Сходни				выше Сетуни				ниже Сетуни						
	0,13	0,18	0,16	0,33	0,27	0,35	0,21	0,22	0,21	0,22	0,2	0,21	0,22	0,27	0,21	0,22	0,24	0,24	0,09	0,082	0,19	0,21	0,34
NH ⁴⁺	0,13	0,18	0,16	0,33	0,27	0,35	0,21	0,22	0,21	0,22	0,2	0,21	0,22	0,27	0,21	0,22	0,24	0,24	0,09	0,082	0,19	0,21	0,34
NO ²⁻	0,09*	0,12	0,09	0,12	0,13	0,07	0,08	0,24	0,08	0,24	0,14	0,09	0,24	0,082	0,09	0,24	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,21	0,105
NO ³⁻	1,8	3,3	3,3	1,3	4	0,89	4	2,1	4	2,1	1,3	1,3	2,1	2,2	1,3	2,2	2,2	1,8	1,8	2,5	2,5	2,2	2,2
Fe	0,1	0,11	0,08		0,14	0,09		0,23		0,23	0,11		0,23	0,189		0,23	0,189			0,216	0,216	0,207	0,207
Mn		0,06	0,04		0,05	0,04		0,06		0,06	0,04		0,06	0,038		0,06	0,038			0,051	0,051	0,037	0,037
Cu		0,001	0,003		0,001	0,003		0,003		0,003	0,003		0,003	0,0035		0,003	0,0035			0,002	0,002	0,0053	0,0053
Zn		0,005	0,005		0,005	0,005		0,006		0,006	0,005		0,006	0,005		0,006	0,005			0,0064	0,0064	0,006	0,006
Ni		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001			0,001	0,001	0,0018	0,0018
Pb		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001			0,001	0,001	0,001	0,001
Co		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001			0,001	0,001	0,001	0,001
Al	0,04	0,08	0,07		0,08	0,05		0,15		0,15	0,09		0,15	0,134		0,15	0,134			0,147	0,147	0,147	0,147
Фенол	0,003	0,005	0,009	0,003	0,005	0,01	0,002	0,006	0,002	0,006	0,009	0,003	0,006	0,009	0,003	0,006	0,009	0,003	0,003	0,006	0,003	0,006	0,007
Формальдегид	0,05	0,02	0,02	0,048	0,02	0,02	0,022	0,02	0,022	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,041	0,041
Ан. ПАВ	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,025	0,03	0,03	0,025	0,025	0,025	0,038	0,025	0,025	0,025
S-	0,003	0,002	0,002	0,005	0,002	0,003	0,004	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003

As		0,008	0,005		0,005	0,005		0,005	0,005		0,005	0,005		0,005	0,005		0,005	0,005		0,005	0,005
Cr		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001
Ca		52,1	59,1		50,3	58,6		40,4	53,7		40,4	49,7		43,6	53						
Mg		13,5	17,1		13,9	17,2		11	16		11	14,7		12,1	15,9						
K		2,6	3,09		2,7	3,27		2,6	3,17		2,6	3,19		3,1	3,51						
Cr ⁶⁺	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
t°C	23,4	18,9	14,1	23,1	19,8	15,2	22,3	25,0	15,5	27,3	25,0	17,8	25,1	22	16,6						
F-	0,28	0,12	1,3	0,36	0,3	0,3	0,26	0,46	0,35	0,1	0,46	0,27	0,1	0,25	0,36						
Na		10,9	14,3		11,3	14,9		11,7	14,3		11,7	15,6		14,5	17,6						
Mo		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,0014		0,001	0,0015						

химического состава вод Москвы-реки в пределах изучаемых створов. Это связано с турбулентностью водных потоков, причем наряду с экотоксикантами в речные воды сбрасываются «залповые» стоки, имеющие повышенную температуру. Это характерно для р. Сетунь, Сходня и участка вблизи п. Рублево, где в период отбора проб воды ее температура варьировала в пределах 23,1–27,3°C. В речных водах преобладают педогенные химические элементы: кальций, магний, калий, натрий. Концентрация растворимых в воде форм тяжелых металлов низкая. В речных водах отмечена повышенная концентрация нитрат-анионов и аммонийных катионов, которые совместно с фосфатами способствуют эвтрофикации стариц Москва-реки.

Донные осадки Москвы-реки заметно загрязнены тяжелыми металлами и нефтепродуктами (рис. 16, 17). Среди первых преобладают марганец и цинк. Анализ данных литературы показывает, что экологическая ситуация по загрязнению донных осадков в настоящее время по сравнению с 2012 г. не улучшилась, хотя известно, что зимой «Мосводоканал» и «Мосводосток» периодически открывают шлюзы на некоторых водохранилищах, и с помощью гидроудара промывается русло Москвы-реки [10, 13–15].

В качестве фоновых (незагрязненных) водных источников нами были выбраны два водоема Центрально-лесного биосферного заповедника в Тверской области: река Межа (в 200 м от конторы) и Большой пруд у д. Федоровское. Отбор проб воды был проведен 27.08.2015 г. Экологический мониторинг в лесных, луговых и полевых ландшафтах, а также водных экосистем, нами в заповеднике проводится с 2011 г. Почвенный покров заповедника контрастный. Широко распространены, в частности, дерново-подзолы контактно-осветленные супесчаные на двучленных отложениях в южно-таежных лесах. Для них характерна почти провальная водная миграция органических веществ и различных форм соединений железа (рис. 18) [17, 19].

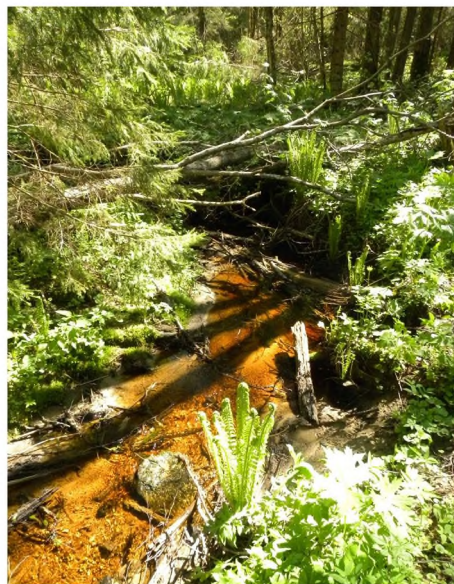
В водах реки Межа и Большого пруда (местные базисы эрозии) была соответственно выявлена следующая концентрация химических соединений (мг/л): железа $0,87 \pm 0,17$ и $1,79 \pm 0,27$ (ПДК — 0,3 мг/л); нитратов — $0,7 \pm 0,13$ и $0,43 \pm 0,08$ (ПДК — 45 мг/л); рН — $7,4 \pm 0,2$ и $7,1 \pm 0,2$ (ПДК — $7,5 \pm 1,0$); марганца — $0,13 \pm 0,1$ и менее 0,001 (ПДК — 0,1 мг/л); алюминия — $0,01 \pm 0,2$ и $0,09 \pm 0,2$ (ПДК — 0,2 мг/л); цинка — $0,61 \pm 0,09$ (ПДК — 1,0 мг/л); общая минерализация (сухой остаток) составила 381 ± 34 и 55 ± 10 (ПДК — 1000 мг/л); химическое потребление кислорода (ХПК) — $10,4 \pm 2,5$ и $28,8 \pm 6,9$ (ПДК — 30 мг/л); биохимическое потребление кислорода — $12,4 \pm 1,6$ и $16,0 \pm 2,1$ (ПДК — 4,0 мг/л); нефтепродукты в воде не обнаружены.

Таким образом, поверхностные воды Центрально-лесного биосферного заповедника только по концентрации соединений железа и биохимическому потреблению кислорода превышают показатели ПДК. На наш взгляд, это связано с активным продуцированием органических кислот и фульвокислот из мощных лесных подстилок микроорганизмами. В профилях подзолов, развитых на двучленных почвообразующих породах, органические кислоты мобилизуют в растворимое состояние соединения железа, которые при нисходящей водной миграции поступают в грунтовые, а затем и речные воды. Данный процесс реализуется очень активно вследствие сезонного избыточного увлажнения лесных почв.

В целом поверхностные воды заповедника экологически безопасны. Воды Москвы-реки содержат меньше соединений железа и органических веществ (за исключением искусственных компонентов — нефтепродуктов, формальдегида и фенолов).



А



В

Рис. 18. А — профиль дерново-подзола контактно-осветленного супесчаного на двучленных отложениях в сложном ельнике, на плакоре увала, квартал 95 ЦЛГПБЗ; В — одна из многочисленных лесных речушек, впадающих в реку Межа: воды ее притоков заметно обогащены органическими и органоминеральными соединениями, поэтому имеют интенсивно желтовато-бурый цвет, но прозрачные и без запаха (фото И.М. Яшина, 2012, 2013 г.)



Рис. 19. Заболоченная пойма и русло реки Межа в Центрально-лесном биосферном заповеднике Тверской области (в 32 км к северу от г. Нелидово), май 2014 г.

Выводы

1. Установлено, что наиболее активное загрязнение экотоксикантами (нефтепродуктами, фенолами, ионами аммония и железа) вод Москвы-реки происходит около Нагатино, Марьино и Капотня. Выявлена сезонная и годовая флуктуация концентрации экотоксикантов в воде.

2. Экологическую ситуацию «обостряют» Курьяновская и Люберецкая станции аэрации, расположенные на «выходе» из столицы. Эти станции должны основательно очищать промышленные и бытовые стоки; однако экологическое качество воды оказывается низким. Очевидно, указанные станции не справляются с возросшими объемами стоков и требуют модернизации оборудования.

3. Динамика концентраций соединений железа в водах Москвы-реки указывает на устойчивый аккумулятивный тренд данного химического элемента. Это значит, что экологическая ситуация в ландшафтах и почвах, окружающих речные бассейны рек в Подмосковье, постепенно ухудшается, чему способствуют усиливающаяся эрозия почв, рубки лесов и жилые постройки в водоохраных зонах рек, водохранилищ, а также большое число неконтролируемых свалок в поймах рек: наблюдается химическое загрязнение почв, овощной продукции и грунтовых вод.

4. Максимальные количества нефтепродуктов в речных водах наблюдались ежегодно в период весеннего половодья и в осеннюю межень. По-видимому, сбросы нефтепродуктов попадают в воды Москвы-реки преимущественно с поверхностными водами и плохо очищенными стоками. Воды ЦЛГПБЗ экологически безопасные, но обогащены мобильными формами железа и органических веществ.

5. Установлено заметное преобладание величин ХПК (химического потребления кислорода в воде) над БПК (биологическим потреблением кислорода), что указывает косвенно на присутствие значительного количества органических веществ не только педогенной, но и антропогенной природы (моющие средства, нефтепродукты, СПАВы).

Библиографический список

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем // Труды ЗИН. Т. 283. СПб.: Наука. 2000. 147 с.
2. Андреева Е.Е. Гигиеническая оценка качества воды поверхностных водоемов города Москвы // Профилактическая и клиническая медицина. 2014. № 3 (52). С. 51–57.
3. Воронина Е.О. Экологическое состояние водных объектов Москвы // Научный вестник Московского государственного горного университета. 2013. № 12. С. 17–21.
4. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 336 с.
5. Елеукая А.Ю., Барабаш Ю.А., Тихонова И.О. Экологическое обследование малых рек, г. Москва — р. Серебрянка // Успехи в химии и химической технологии. 2014. Т. 28. № 5 (154). С. 18–21.
6. Карпунин А.И., Яшин И.М., Черников В.А. Формирование и миграция комплексов водорастворимых органических веществ с ионами тяжелых металлов // Известия ТСХА. 1993. Вып. 2. С. 107–126.
7. Кауричев И.С., Фокин А.Д., Аргунова В.А., Яшин И.М. Состав органического вещества, состояние R_2O_3 и фосфатов в водах, дренирующих подзолистые почвы // Известия ТСХА. 1973. Вып. 2. С. 99–105.
8. Касимов Н.С., Перельман А.И. Геохимические принципы эколого-географической систематики городов // Вестник МГУ. Сер. География. 1993. № 3. С. 16–21.

9. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа воды. М.: Химия, 1971. 375 с.
10. Мустатов А.П. Оценка параметров экосистем внутренних водоемов. М.: Научный мир. 2001. 191 с.
11. Петрухин В.А. Фоновое содержание Pb, Hg, As, Cd в природных средах (по мировым данным) // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. Вып. 3. С. 3–27.
12. Постников Д.А., Чинина Н.В. Локальный мониторинг водной экосистемы Бутаковского залива г. Химки // Известия ТСХА. 2004. Вып. 1. С. 40–47.
13. Ростанец Д.В., Хазанова К.П., Хромов В.М. Проблемы использования фитопланктона в гидробиологическом мониторинге рек высоко урбанизированных территорий (на примере реки Москвы) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3–2. С. 677–684.
14. Учеваткина Н.В., Базаева М.Г., Нефедкин С.И. Определение критических нагрузок на реку Москву // Экология промышленного производства. 2006. № 3. С. 24–27.
15. Черников В.А., Соколов О.А., Байбеков Р.Ф. Экологические основы качества воды и здоровья человека // Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН. 2004. 192 с.
16. Яшин И.М., Шишов Л.Л., Раскатов В.А. Водная миграция химических элементов в почвенном покрове. М.: МСХА, 2003. 316 с.
17. Яшин И.М. Мониторинг процессов миграции и трансформации веществ в почвах. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2013. 183 с.
18. Яшин И.М., Кашанский А.Д. Ландшафтно-геохимическая диагностика и генезис почв Европейского Севера России. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 202 с.
19. Яшин И.М., Гареева И.Е., Атенбеков Р.А., Васенев И.И. Экологический мониторинг воздействия антропогенеза на поверхностные воды. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 167 с.
20. Яшин И.М., Васенев И.И., Рикардо Валентини, Черников В.А. Методические указания по диагностике органического углерода, азота, нефтепродуктов и состава гумусовых веществ почв. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 131 с.
21. Andreas N. Grohmann, Martin Jekel, Andreas Grohmann u.a. Wasser: chemie, mikrobiologie und nachhaltige Nutzung. Berlin-New York, 2011. 368 pp.
22. Bade K., Manz W. und Szewzyk U. Behavior of sulfate reducing bacteria under oligotrophic conditions and oxygen stress in particle-free systems related to drinking water. FEMS Microbiol. Ecol. 32. 2000. 215–223 pp.
23. Garbrecht G. Wasser — Vorrat, Bedarf und Nutzung in Geschichte und Gegenwart. Taschenbuch. 1985.
24. Luhr H.-P. Umgang mit wassergefahrenden Stoffen. Taschenbuch der Wasserwirtschaft. 2001. Berlin.

ECOLOGICAL MONITORING OF THE MOSKVA RIVER WATERS IN METROPOLITAN AREA

I.M. YASHIN¹, I.I. VASENEV¹, I.V. GAREEVA², V.A. CHERNIKOV¹

¹ Russian Timiryazev State Agrarian University;

² Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance in Moscow)

The article reviews the results of field and laboratory investigations of water quality of Moskva River conducted in every season for the period from 2010 to 2014. Water probes were taken at the stations located before the megalopolis border starts, than in the city center and, finally, at the place where the river waters flow outside the city limits. As a result, there was recorded persistent

pollution of the Moskva River waters by iron ions, phenols, oil products, ammonium ions and other ecotoxicants, which deteriorates dramatically ecological safety and quality of water within the limits of Moscow megalopolis.

Key words: water, Moscow River, confluents, oil products, phenols, heavy metals, ammonium, nitrites, biochemical oxygen demand, ecological security of drinking water.

Яшин Иван Михайлович — д. б. н., проф. кафедры экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 41; тел.: (499) 976-45-60; e-mail: ivan.yashin2012@gmail.com).

Васенев Иван Иванович — д. б. н., проф., зав. кафедрой экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 41; тел.: (499) 977-04-86; e-mail: ivvasenev@gmail.com).

Гареева Ирина Викторовна — эксперт-эколог ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в г. Москве» (129626, г. Москва, Графский переулок, д. 4/9; тел.: (495) 615-51-63; e-mail: irina-gareeva21@mail.ru).

Черников Владимир Александрович — д. с.-х. н., проф. кафедры экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 41; тел.: (499) 976-45-60; e-mail: 4ernikov@gmail.com).

Yashin Ivan Mikhailovich — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel.: +7 (499) 976-45-60; e-mail: ivan.yashin2012@gmail.com).

Vasenev Ivan Ivanovich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Head of the Laboratory of Agro-Ecological Monitoring, Ecosystem Modeling and Prediction, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 977-04-86, e-mail: ivvasenev@gmail.com).

Gareeva Irina Viktorovna — expert ecologist, Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance in Moscow (129626, Moscow, Grafskiy lane, 4/9; tel.: +7 (495) 615-51-63; e-mail: irina-gareeva21@mail.ru).

Chernikov Vladimir Aleksandrovich — Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Ecology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-45-60; e-mail: 4ernikov@gmail.com).