

УДК 579.63

БИОМОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МОСКОВСКОГО МЕГАПОЛИСА

Семенова И.В.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный политехнический университет», Москва,
e-mail: vzpi.semenova@yandex.ru

Сырьем для производства питьевой воды для мегаполиса являются поверхностные воды. Их состав подвержен значительным изменениям вследствие климатических и антропогенных воздействий. Качество поверхностных вод определяет выбор технологии их очистки и дозы реагентов. Необходимо проводить регулярный мониторинг с целью выявления приоритетных токсикантов в природной воде и изучения закономерностей их изменения. В статье приведены сведения о микробиологических показателях природной воды Московской системы водоснабжения. Показано, что поверхностные воды имеют высокую бактерицидную загрязненность. Патогенные микроорганизмы составляют около трети от общего числа бактерий. Состав воды не отличается стабильностью. Количество микроорганизмов изменялось в 2,5–3 раза в различные дни. Наибольшее влияние на это явление оказывают антропогенные факторы. Среди зоопланктона преобладают мелкие, невидимые невооруженным взглядом представители (65–70%). Среди фитопланктона основная масса приходится на диатомовые водоросли (80–83%). За время наблюдений было обнаружено, что верхние значения микробиологических показателей не выходят за границу, характеризующую определенный класс чистоты и уровень загрязненности поверхностных водоемов. Поверхностные воды Московской сети могут быть отнесены к 2-му классу – «умеренно загрязненные». Этот факт свидетельствует о надежной работе системы наблюдений и регулирования природными ресурсами мегаполиса на пути следования водных потоков, а также о возможности использования однотипной технологии её очистки. Настоящая статья является продолжением цикла работ, посвященных исследованию процессов водоснабжения Московского мегаполиса. В авторском изложении она может быть рекомендована как учебный материал для профессиональной подготовки технических специалистов и экологов.

Ключевые слова: поверхностные воды, мониторинг, биоцидные загрязнители, общее микробное число, толерантные колиформные бактерии

BIOMONITORING OF SYSTEM SURFACE WATERS WATER SUPPLY TO MOSCOW METROPOLIS

Semenova I.V.

Moscow State Polytechnic University, Moscow, e-mail: vzpi.semenova@yandex.ru

The raw material for the production of drinking water for the metropolis is surface water. Their composition is subject to significant changes due to climatic and anthropogenic impacts. The quality of surface water determines the choice of treatment technology and dose of reagents. It is necessary to conduct regular monitoring in order to identify priority toxicants in natural water and study the patterns of their changes. The article provides information about microbiological indicators of natural water of the Moscow water supply system. It is shown that surface waters have high bactericidal contamination. It is shown that surface waters have high bactericidal contamination. Pathogens make up about a third of the total number of bacteria. The composition of the water is not stable. Pathogens make up about a third of the total number of bacteria. The composition of the water is not stable. The number of microorganisms changed in 3-2,5 times in different days. Anthropogenic factors have the greatest impact on this phenomenon. Among zooplankton predominate small, invisible to the naked eye, representatives (65-70%). Among phytoplankton the bulk is accounted for by diatoms (80-83%). During the observations it was found that the upper values of microbiological parameters do not go beyond the boundary characterizing a certain class of purity and level of contamination of surface water bodies. Surface waters of the Moscow network can be referred to the 2nd class – «moderately polluted». This fact testifies to the reliable operation of the system of observation and regulation of natural resources of the metropolis on the route of water flows, as well as the possibility of using the same type of technology for its purification. This article is a continuation of the cycle of works devoted to the study of water supply processes in the Moscow metropolis. In the author's presentation, it can be recommended as a training material for professional training of technical specialists and environmentalists.

Keywords: surface water, monitoring, biocidal pollutants, total microbial number, tolerant coliform bacteria

Важнейшим условием при производстве питьевой воды является обеспечение безопасности при её применении [1].

Московская система, снабжающая мегаполис природной водой, имеет большую протяженность [2]. Качество поверхностных вод подвержено значительным изменениям вследствие климатических и антропогенных воздействий [3] и требует постоянного контроля [4, 5].

Настоящая статья является продолжением цикла работ [2, 5], посвященных исследованию процессов водоснабжения Московского мегаполиса. В авторском изложении она может быть рекомендована как учебный материал для профессиональной подготовки инженеров и экологов.

Для обеспечения оптимального технологического режима при подготовке питьевой воды необходимо на основе норматив-

ных требований и научно обоснованных методов анализа проводить регулярный мониторинг качества природной воды [6–8]. Высказано мнение о необходимости установления приоритетных показателей для контроля за химическим загрязнением р. Москва [9, 10].

Поверхностные воды Московского региона имеют высокую бактерицидную загрязненность. Химические загрязняющие вещества, попадающие в природные воды, оказывают влияние на состояние гидробионтов [11–13]. В соответствии с современными требованиями безопасности и управления рисками является актуальным изучение состава и закономерностей изменения биогенных веществ, присутствующих в поверхностных водах Московской водной системы [1, 5, 14].

Цель работы: углублённое изучение качественного и количественного микробиологического и гидробиологического состава поверхностных вод Московского региона и определение влияния на него климатических и антропогенных факторов.

Обеспечение безопасности населения при потреблении питьевой воды является многофункциональным процессом. Он включает в себя осуществление контроля за состоянием исходной и производимой воды [6, 7, 9], выбор технологии очистки [10, 12, 15] и расчет оптимального количества реагентов [8].

Московская водная система является сложным инженерно-экологическим комплексом, работа которого осуществляется в условиях многофакторного климатического и урбанизированного воздействия [2, 5]. Поэтому актуальной задачей является проведение системного мониторинга эколого-санитарного состояния водной системы, выявление приоритетных экотоксикантов и анализ результатов наблюдений с целью обеспечения оптимального технологического режима.

Использована авторская методика написания учебной литературы на основе современных исследований и технологий, применяемых в отечественной и зарубежной промышленности [2, 5]. Статья может быть рекомендована в качестве учебного материала для профессиональной подготовки студентов.

Материалы и методы исследования

Проведено экспериментальное исследование состава поверхностной воды в районе водозабора на Западной станции водоочистки города Москвы. Используются методы статистического анализа при обработке данных по составу природной и питьевой

воды. Исследование проводили с соблюдением требований, предъявляемых к анализу природных объектов [6, 7, 9] по общепринятым методикам [6, 8]. Продолжительность эксперимента – один месяц (апрель) при ежедневном проведении анализа проб воды.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно нормативным документам качество питьевой воды регламентирует ряд показателей. Показатели, определяющие качество воды, разделены на несколько групп.

Микробиологический контроль за состоянием водной среды представляет собой численное определение нормированных показателей при соблюдении кратности проведения анализа. Подходы и методика определения микробиологической безопасности водной среды отличаются в европейских странах и в России. Европейские стандарты отдают предпочтение определению конкретных видов микроорганизмов, российские нормативы содержат обобщенные показатели [8].

Стандартный микробиологический анализ включает определение трёх индикаторных показателей – общего микробного числа (ОМЧ), количества общих колиформных (ОКБ) и термотолерантных колиформных (ОТБ) бактерий. Расширенный анализ определяет индексные показатели – титр колифагов, содержание спор сульфитредуцирующих бактерий.

Показатель ОМЧ показывает общее загрязнение водоема микроорганизмами. В их состав могут входить как высокопатогенные штаммы, например, кишечной палочки *Escherichia coli*, так и безвредные представители микроорганизмов.

Показатели ОКБ и ТКБ информируют о присутствии в воде микроорганизмов – продуктов жизнедеятельности человека и животных, в том числе и о фекальном загрязнении воды. Одновременно в эту группу входят микроорганизмы, которые не представляют опасности для здоровья. Для более полной информации используют показатель «термотолерантные колиформные бактерии» (ТКБ). Он свидетельствует о свежем фекальном заражении водоема. В этой группе микроорганизмов присутствует кишечная палочка *Escherichia coli*.

Наличие колифагов в воде свидетельствует о вирусном заражении водоема. Существует корреляция между содержанием колифагов в воде и наличием опасных для человека энтеровирусов. Присутствие колифагов является результатом многократного фекального загрязнения источника воды. Споры сульфитредуцирующих бактерий

могут сохраняться в водоемах длительное время и свидетельствуют о наличии давнего загрязнения. Применение такой воды для бытовых целей запрещено. Использование ее в промышленности вызывает появление черного налета на внутренней поверхности оборудования. Вода в присутствии микроорганизмов этого класса приобретает посторонние запахи и может вызвать тяжелые пищевые отравления.

Лямблии, которые определяют при проведении расширенного анализа, являются простейшими микроскопическими паразитами, вызывающими кишечные заболевания. Паразиты могут существовать только в кишечнике теплокровных животных. В окружающей среде они создают промежуточную форму – цисту. При её формировании вокруг клетки создается плотная оболочка, которая защищает микроорганизм от внешних воздействий. В водоемах цисты могут существовать до четырех месяцев. Они не погибают при хлорировании воды, легко проходят через фильтры с большими порами. При нагревании до 60 °С лямблии погибают через 10 минут, а при кипячении – мгновенно. Более подробные сведения приведены в табл. 1.

Проведенные исследования позволили сделать следующие заключения.

Поверхностные воды системы водоснабжения Московского мегаполиса содержат биоцидные загрязнители и не отличаются стабильностью. Значения микробиологических показателей в отдельные дни могут значительно различаться, в том числе: общая численность бактерий (ОЧБ)

в 2,5 раза, общее микробное число (ОМЧ) – в 3,7 раза, численность колиформных бактерий (ОКБ) – в 2,1 раза. Из общего числа ОКБ около 33–37% приходится на термотолерантные колиформные бактерии, что свидетельствует о свежем загрязнении водоемов. Установлено, что скачки показателей бактериальной загрязненности воды не связаны с метеоусловиями. Это свидетельствует о существенном влиянии антропогенного и бытового факторов на состояние поверхностных вод Московского региона. Наличие спор сульфитредуцирующих бактерий косвенно указывает на то, что процессы самоочищения воды замедлены. Одновременно следует признать, что верхние значения микробиологических показателей не выходят за границу, характеризующую определенный класс чистоты и уровень загрязненности водоемов. Поверхностные воды Московской сети могут быть отнесены ко 2-му классу – «умеренно загрязненных» (ОЧБ от 1,0 до 3,1 млн клеток). Этот факт свидетельствует о надежной работе системы наблюдений и регулирования природными ресурсами [5] на пути следования водных потоков и о возможности использования однотипной технологии её очистки.

Фитопланктон в водах Московского региона представлен диатомовыми, зелеными и сине-зелеными водорослями (табл. 2). Диатомовые водоросли обладают плотной оболочкой, построенной из оксида кремния. Для питания они используют растворенные органические вещества и являются индикаторами загрязнения водоемов коммунальными и бытовыми стоками.

Таблица 1

Микробиологические показатели качества воды

№ п/п	Параметр	Един. измер	Исходная вода	Норматив по содержанию в поверхностных водах СанПиН 2.1.5.980-00	Содержание в питьевой воде ГН. 2.1.5.1315-03
1	ОЧБ x 10 ⁶	тыс.кл/ мл	min – 1314 mas – 3148	1000–10000	отсутствие
2	ОМЧ	КОЕ/ мл	min – 170 mas – 590	100–1000	50
3	ОКБ,ТКБ, в том числе ТКБ	КОЕ/ 100 мл	min – 530 mas – 1050 min – 197 mas – 368	500–1000	отсутствие
4	Колифаги	БОЕ в 100 мл	min – 18 mas – 47	не более 10	отсутствие
5	Споры сульфит – редуцирующих кловстридий	Число спор в 20 мл	79–98	10–100	отсутствие
6	Цисты лямблий	Число цист в 50 л	14–17		отсутствие

Таблица 2

Содержание зоо- и фитопланктона в поверхностных водах Московского региона

№ п/п	Параметр	Един. измерения	Исходная вода	Содержание в питьевой воде ГН. 2.1.5.1315-03
1	Зоопланктон (живые организмы)	ед	min – 2928 mas – 6548	отсутствие
2	Зоопланктон, видимый невооруженным взглядом	ед	min – 385 mas – 4426	отсутствие
3	Фитопланктон (общая численность)	кл/мл	min – 1542 mas – 34475	отсутствие
4	Водоросли: – диатомовые – зеленые – сине-зеленые	кл/мл	28026 3864 2549	отсутствие
5	Другие представители фитопланктона: – осциллятория лимоза, – афанизоменон (с-з), – динобрион (зол), – синура (зол)	кл/мл	0 26 0 0	отсутствие

Зеленые водоросли относятся к теплолюбивым растениям. Наибольшей численности в водоемах они достигают в летнее время при температуре воды выше 20 °С. В это время года этот вид водорослей является ответственным за «цветение» воды.

Сине-зеленые водоросли объединяют в одну группу с бактериями, которые носят название «цианобактерии». Сине-зеленые водоросли в процессе метаболизма могут образовывать токсичные вещества. Степень токсичности зависит от физиологического состояния продуцента. Наибольшее токсическое действие проявляется в период их массового развития в теплое время года в водоемах с большим запасом питательных веществ. Более подробные сведения приведены в табл. 2.

Как показывают полученные результаты, в московской воде содержится большое количество зоопланктона. Их численность в различные периоды может отличаться в два раза. Основную массу составляют мелкие особи, невидимые невооруженным глазом.

Фитопланктон представлен тремя видами водорослей. Основное количество приходится на диатомовые водоросли. Они составляют до 82% от общей численности. На долю зеленых водорослей приходится ~11%, на долю сине-зеленых – 7%. В свете этого «цветение» московской воды представляется маловероятным.

Количественные показатели в большей степени определяются температурой водной фазы и подвержены значительным колебаниям в зависимости от времени года.

Заключение

Проведенные исследования позволили сделать ряд выводов и заключений.

Поверхностные воды Московской системы водоснабжения содержат в своем составе различные, в том числе и патогенные, микроорганизмы. Количество и состав микроорганизмов во времени подвержены значительным колебаниям. Основное влияние на состояние водного источника оказывает антропогенный фактор.

Одновременно установлено, что максимальные значения микробиологических показателей не выходят за пределы требований, предъявляемых к поверхностным водным источникам 2–3 класса. Этот факт позволяет использовать единую технологию подготовки питьевой воды, регулируя только объемы используемых реагентов.

Проведенные исследования свидетельствуют о надежной работе системы регулирования и управления природными водными ресурсами Московского региона [2, 5].

Список литературы

1. Абросимов Н.В., Агеев А.Н., Адушкин В.В. и др. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. М.: Изд. Международной

гуманитарный общественный фонд «Знание» им. академика К.В. Фролова, 2018. 1016 с.

2. Семенова И.В. Инженерно-экологическая система водообеспечения московского мегаполиса. Инновационная методика подготовки инженерно-технических кадров // Научное обозрение. Педагогические науки. 2018. № 4. С. 31–35.

3. Семенова И.В., Зыбина Н.Ю., Щеголева Ю.И. Приоритетные экотоксиканты в природных водах Подмосковья // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 3 (83). С. 57–60.

4. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Механизмы управления эколого-экономическими системами / Под ред. академика С.Н. Васильева. М.: Физматлит, 2008, 244 с.

5. Семенова И.В. Система наблюдения и управления природными ресурсами при производстве питьевой воды для мегаполиса. Методика подготовки инженерно-технических кадров // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 1. С. 39–41.

6. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды. М.: Изд. Техносфера, 2013. 632 с.

7. Семенова И.В., Кошелева Л.Ф., Хорошилов А.В. Хромато-масс-спектрометрическое исследование состава органических примесей в природных коагулянтах // Известия Академии промышленной экологии 2003. № 1. С. 71–75.

8. Соколова С.А., Федотов А.С., Семенова И.В. и др. Разработка эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) на примере реагента ГИДРО-ИКС для обработки воды // Энергосбережение и водоподготовка. 2005. № 3. С. 35–37.

9. Семенова И.В., Зыбинский А.М., Зыбина Н.Ю. Адаптация метода масс-спектрального анализа для опреде-

ления состава воды природных объектов // Энергосбережение и водоподготовка. 2012. № 6 (80). С. 27–32.

10. Жолдакова З.И., Мамаева Е.С., Беляева Н.И. и др. Научное обоснование приоритетных показателей для оптимизации контроля за химическим загрязнением р. Москва: материалы Международного Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященной 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сытина» Минздрава России в 2-х частях». М.: Изд. Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью, 2016. С. 209–211.

11. Новоселов К.А., Горенькова В.С. Оценка воздействия нефтепродуктов на гидробионты (на примере Балтийского моря) // Комплексное исследование Мирового океана (КИМО-2017): сборник трудов конференции. М.: Изд. института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2017. С. 396–398.

12. Губонина З.И., Семенова И.В. Экология и инновации в технологии неорганических веществ: учеб. пособие. М.: Изд. МГОУ 2011, 228 с.

13. Gulaev A., Volkova E., Zavvalov A.M., Kondrutieva O., Aksenov V. Method for the evaluation of thermodynamically stable forms of iron existence using software. Proceedings of the 2019 Ieee conference of Russian young researchers in electrical engineering, elconrus. 2019. P. 2308–2310.

14. Мачехина К.И., Шиян Л.Н., Тропина Е.А. Устойчивость коллоидов железа в природной воде // Журнал прикладной химии. 2012. Т. 85. № 7. С. 1182–1184.

15. Орси́к Л.С., Бледных В.В., Басарыгина Е.М. Нано-фильтрация воды для предприятий АПК. М.-Ч.: Изд. Челябинская государственная агроинженерная академия, 2008. 240 с.