

УДК 378.14

**СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ МЕГАПОЛИСА.
МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КАДРОВ**

Семенова И.В.

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

В статье продолжена реализация инновационной методики обучения студентов технических специальностей, разработанная на основе положений федеральной целевой программы «Развитие науки и технологий» на 2014–2020 гг. С целью повышения эрудиции и компетенции будущих специалистов студентам для обучения предлагается дополнительный материал, отражающий последние современные технические решения и технологии, внедренные на передовых европейских и российских предприятиях. В настоящей статье объектом изучения является процесс производства питьевой воды для крупного мегаполиса. На примере Московского региона изложена современная система организации наблюдения и управления водными ресурсами при производстве очищенной воды. Питьевая вода – стратегический продукт. Для обеспечения безопасной жизни в населенные пункты должна постоянно поступать высококачественная вода. Особенностью технологии производства питьевой воды является необходимость учета сильной зависимости состава природных водных источников от антропогенных и климатических условий. Принятая в мире система наблюдения (мониторинга) и управления природными водными ресурсами (СМ ВО) позволяет нивелировать их действия и снижать риски. В статье рассмотрены основные элементы этой системы на примере управления водными ресурсами в Московском мегаполисе. Представлены статистические данные об изменении состава поверхностных вод в результате антропогенных выбросов. Показано, что в 45–50% случаев загрязнения связаны со сбросом в водоемы сточных вод с высоким содержанием азотосодержащих соединений. Приведены экспериментальные данные о составе талых вод, которые образуются весной в результате таяния снега. В талых водах отмечено высокое содержание натрия и повышенные концентрации тяжелых металлов. Показано, что использование в Московском мегаполисе системы наблюдений (мониторинга) и своевременное принятие на основе их данных технических решений позволяет обеспечить получение питьевой воды постоянного минерального состава, независимо от антропогенных и климатических воздействий.

Ключевые слова: вода, водохранилище, мониторинг, токсичные примеси, анализ, наблюдения, нормативы, автоматические станции контроля

**SYSTEM MONITORING AND MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES
IN THE PRODUCTION OF DRINKING WATER FOR THE METROPOLIS.
THE METHOD OF PREPARATION OF ENGINEERING – TECHNICAL PERSONNE**

Semenova I.V.

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

The article continues the implementation of the method of training of students of technical specialties, developed on the basis of the provisions of the Federal program «Development of science and technologies» for 2014–2020. In order to improve the erudition and competence of future specialists, students are offered additional material reflecting the latest modern technical solutions and technologies implemented at the leading European and Russian enterprises. In this article the object of study is the process of production of drinking water for a large metropolis. On the example of the Moscow region the modern system of the organization of supervision and management of water resources (SEE VO) at production of drinking water for megalopolises is stated. In this article the object of study is the process of production of drinking water for a large metropolis. On the example of the Moscow region the modern system of the organization of supervision and management of water resources (SEE VO) at production of drinking water for megalopolises is stated. Drinking water is a strategic product. To ensure a safe life, water of high quality must be continuously supplied to human settlements. The peculiarity of the technology of drinking water production is the need to take into account the strong dependence of the composition of natural sources on anthropogenic and climatic conditions. The system of observation and management of natural water resources (SEE VO) adopted in the world allows to level their actions and reduce risks. The article deals with the main elements of this system on the example of water resources management in the Moscow metropolis. Statistical data on changes in the composition of surface water as a result of anthropogenic emissions and experimental data on the composition of melt water are presented. It is shown that in 45-50% of cases of pollution are connected with discharge in reservoirs of sewage with the high content of nitrogen-containing compounds. Experimental data on the composition of melt water formed in spring as a result of snow melting are presented. High sodium content and high concentrations of heavy metals were observed in thawed waters. It is shown that the use of the observation (monitoring) system in the Moscow metropolis and the timely adoption of technical solutions on the basis of their data make it possible to obtain drinking water of a constant mineral composition, regardless of anthropogenic and climatic influences.

Keywords: water, reservoir, monitoring, toxic impurities, analysis, observations, standards, automatic control stations

После подписания Болонского соглашения Россия вошла в единое европейское образовательное пространство, объединенное общими принципами формирования процесса. Основной целью такого процесса яв-

ляется подготовка всесторонне образованных специалистов, сочетающих хорошие технические знания с возможностью анализа и принятия решений в нестандартных условиях. Для реализации этого положения

в системе высшего профессионального образования России созданы возможности для разработки и практического использования различных конкурентоспособных образовательных программ [1].

Цель работы: реализация инновационной методики подготовки квалифицированных кадров и адаптирование для подготовки инженеров различных специальностей [2].

Предложен материал, который отсутствует в классических учебниках. На примере крупнейшего мегаполиса мира – Московского региона Российской Федерации – рассмотрена система наблюдения и принятия решений по управлению водными ресурсами при подготовке питьевой воды.

Материалы и методы исследования

Использована авторская методика написания учебной литературы на основе современных исследований и технологий, применяемых в отечественной и зарубежной промышленности [3]. Проведено экспериментальное исследование состава талой воды, полученной в различных районах г. Москвы, методом масс-спектрометрии с индуктивносвязанной плазмой [4]. Используются методы статистического анализа при обработке данных по составу природной и питьевой воды.

Результаты исследования и их обсуждение

Показатели качества питьевой воды. Для обеспечения безопасной жизнедеятельности вода в заданном объеме и надлежащего качества должна непрерывно подаваться в населенные пункты [5]. Качество питьевой воды оценивают по соответствию её со-

става показателям, разработанными рядом стран и организаций – Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), агентством по охране окружающей среды (США), Европейским союзом (директивы ЕС), аккредитованными организациями по разработке ПДК в России [6]. В таблице приведены некоторые показатели качества воды, принятые в разных странах. Как следует из данных таблицы, значения нормативов сопоставимы между собой. По сравнению с мировыми стандартами в России допускают только более высокое содержание алюминия в питьевой воде.

Характеристика природной воды Московского региона. Водоснабжение Московского мегаполиса осуществляется из поверхностных источников Москва-реки-Вазузской и Волжской систем, которые расположены на территории трёх областей – Московской, Тверской и Смоленской [2, 5]. По значению удельного комбинаторного индекса (УКИЗВ) загрязненность воды на отдельных участках Московского тракта меняется от оценки «загрязненная» до оценки «грязная» [7]. Многолетние наблюдения за составом воды в черте города подтверждают высокое бактериальное загрязнение Москва-реки. Микробиологические показатели исходной воды значительно превышают нормативные требования, предъявляемые к питьевой воде (таблица). Одновременно существует ряд показателей качества поверхностной воды, которые в стационарных условиях слабо подвержены сезонным колебаниям. Минерализация (общее содержание растворимых твердых веществ) незначительно меняется по сезонам года и обычно не превышает 300 мг/л.

Некоторые показатели качества питьевой воды по стандартам ряда стран и организаций

Элемент	ВОЗ	USEPA (США)	ЕС (Европа)	СанПин 2.1.4.2580-10. Россия	Вода Москвы-реки
Минерализация (сухой остаток), мг/л	1000	500	1500	1000	243
Нефтепродукты, мг/л				0,3	0,08
Железо (суммарно), мг/л	0,3	0,3	0,2	0,3	0,335
Алюминий, мг/л	0,2	0,2	0,2	0,5	0,05
Медь, мг/л	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Нитраты, мг/л	50	45	50	45	4,98
Нитриты, мг/л	3	3,5	0,5	3,0	0,02
ОМЧ (общее микробное число), КОЕ		50	10	не более 50	244

Примечание. ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения. USEPA – Агентство по охране окружающей среды США (U.S. Environmental Protection Agency). ЕС – Европейское сообщество (European Community, EC).

Содержание тяжёлых металлов ниже значений ПДК. Незначительные сезонные колебания их концентраций практически не меняют существующего фона. Исключение составляет содержание железа, его средняя концентрация в водоемах составляет 1,1–1,3 ПДК, и увеличивается в половодье. Концентрация нефтепродуктов составляет в среднем 0,04–0,05 мг/л, что в 6–7 раз ниже значений ПДК для воды. Экстремальные ситуации в водоёмах возникают при несанкционированных сбросах неочищенных стоков и в период паводков.

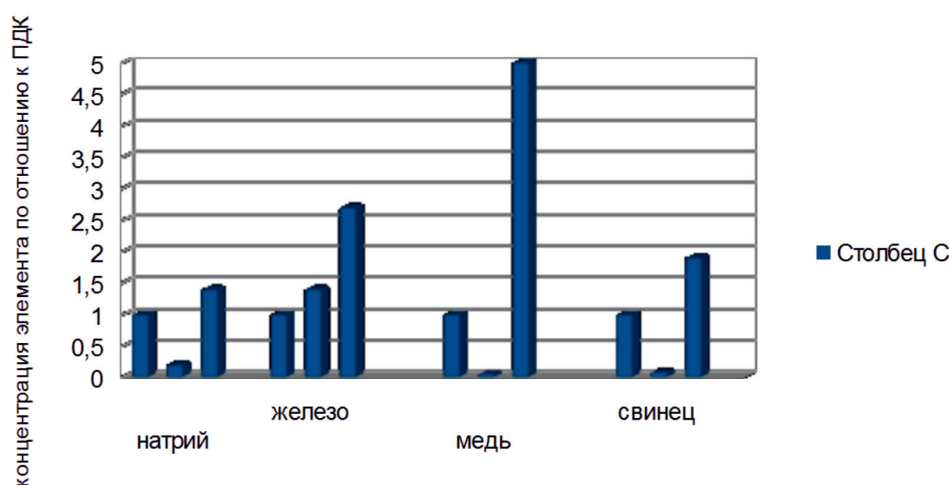
Управление водными ресурсами. Охрана природных вод от влияния антропогенных и климатических факторов относится к числу актуальных вопросов, связанных с безопасностью населения мегаполисов. В 1970-х гг. в Европе для управления природными ресурсами была создана система наблюдений и принятия решений (СППР, DSS – Decision Support System). Одним из подклассов этой системы является мониторинг качества воды и управление водными объектами (CM BO). В Московском регионе по этому принципу создан программный комплекс «Река Москва». Он включает в себя три составляющих – проведение мониторинга качества воды, передачу данных анализов в центр управления и их обработку в центре управления для принятия решений по минимизации экологических рисков для окружающей среды [7, 8]. *Мониторинг* представляет собой сложную систему наблюдения и контроля. Для выполнения поставленной задачи места контроля качества воды должны быть географически обоснованы, время проведения анализов минимизировано. В ОАО «Мосводоканал» создана и хорошо отработана система мониторинга. Контроль организован на всём пути следования воды. Показатели качества воды фиксируются постоянно на станциях автоматического контроля или определяются в ручном режиме службой «Мосводоканала». Все данные анализов поступают в информационную систему «Аналитик + Лаборатория Водоканала» с удобным интерфейсом, разработанную в соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Полученные данные дают возможность скоординировать водохозяйственные мероприятия, не допустить катастрофических явлений на трёх взаимосвязанных системах, питающих Московский мегаполис [7], и обеспечить его устойчивое снабжение качественной питьевой водой. *Автоматический контроль* осуществляется в автономных, полностью автоматизи-

рованных комплексах. Автономная станция контроля качества воды состоит из приемной части, которая включает в себя анализирующие, регистрирующие и передающие устройства. Автоматические станции могут быть выполнены в двух вариантах. В первом варианте измерение параметров воды происходит непосредственно в водоёме. Вода равномерно проходит через приемные камеры, размещенные на определенной глубине. Анализирующий блок улавливает сигналы датчиков и преобразует их в сигнал для автоматической регистрации. Передающее устройство передает информацию по линиям связи на центральный пульт. В другом варианте автоматического контроля насосы осуществляют забор воды из поверхностного источника. Она поступает в измерительный блок, расположенный на берегу. Результаты измерений поступают на блок аппаратуры передачи данных и далее в центр сбора и обработки информации. Автоматические станции контроля определяют 8–11 показателей, повторность измерения которых составляет до 48 раз в сутки. В автоматическом режиме определяют обобщенные показатели состояния водоёма – температуру, водородный показатель, величину окислительного потенциала, электропроводность и др. Используют в основном электрохимические методы анализа. Для изменения применяются многоканальные автоматические анализаторы АМА-201, АМА-201М, АМА-202. Станции могут работать автоматически без присутствия персонала до 15 дней.

В Московском регионе по пути следования воды установлены 7 станций автоматического контроля [7–9]. Группа ученых из Москвы [9] и Обнинска [10] разработала научные основы и накопила большой практический опыт по работе автоматических станций. Цикл работ этих авторов может быть рекомендован для изучения и углубленной подготовки студентов [5, 6, 9, 10]. Передвижные лаборатории используются для экстренного анализа воды в местах аварийного сброса, или для проведения планового контроля в пунктах, не оборудованных автоматическими установками. При плановой работе анализы проводят 1–2 раза в неделю. В передвижных лабораториях могут быть определены до 30 показателей качества воды. Измерительные приборы монтируют на базе транспортных средств. Анализы проводят в автоматическом и ручном режимах, используя электрохимические, фотокалориметрические и химические методы анализа. В системе «Мосводоканала» по тракту движения воды оборудовано около 40 пунктов для забора проб воды. Стаци-

онарные лаборатории расположены на всем пути следования природной воды, на станциях водоподготовки и в контрольных пунктах города. В Московском мегаполисе от верховий водоисточников до водозабора на станциях водоподготовки расположено около 140 пунктов контроля. Воду ежедневно анализируют по 15–20 показателям. Анализ питьевой воды в городской распределительной сети осуществляют аккредитованные отделения Центра контроля качества воды г. Москвы. Общее количество отбора проб – более 120. Ежедневно проводят до 4 тысяч определений физико-химических показателей, до четырёхсот – бактериологических и до трёхсот – гидробиологических анализов. В экстремальных случаях возникает необходимость «расшифровки» неизвестного вещества в составе водных природных объектов. Такие анализы являются сложными. Их проводят с использованием современного оборудования и физико-химических методов анализа – масс-, атомно-адсорбционной или атомно-эмиссионной спектроскопии [4], ионной и жидкостной хроматографии [11–13]. При подборе научных публикаций для обучения студентов следует обратить особое внимание на чистоту постановки эксперимента. В статье должен быть обоснован выбор метода анализа, который зависит от фазового состава примеси. Дополнительно в зависимости от характера природной среды должна быть разработана методика проведения выбранного метода анализа [14, 15]. В г. Москве для проведения анализа в сложных природно-антропогенных условиях создан независимый российско-французский центр контроля качества воды «Роса».

Работа системы СМ ВО Московского мегаполиса в экстремальных условиях. Экстремальные условия при подготовке питьевой воды возникают в период таяния снега и при несанкционированных сбросах неочищенных стоков. В первом случае образуется большая масса талой воды, которая по своим показателям отличается от качества воды в Москве-реке. В талой воде мегаполиса было обнаружено 11 токсичных элементов тяжелых металлов в концентрациях, превышающих значение ПДК (4). Ряд элементов – натрий, калий, магний, кальций и др. – хотя и имели значения концентраций в пределах ПДК, но эти значения были выше, чем в природной воде. На рисунке приведены данные для 4-х элементов – натрия, железа, меди и свинца. Для удобства анализа значения ПДК для каждого элемента приняты за единицу (левый столбец). Далее, средний столбец показывает содержание этого элемента в Москве-реке по отношению к ПДК, а правый столбец – содержание элемента в талой воде по отношению к ПДК. В талой воде значения концентраций элементов по отношению к их концентрации в природной воде были превышены: натрия – в 8 раз, железа – в 2 раза, меди – в 45 раз, свинца – в 12 раз. В мегаполисе талую воду не сбрасывают в реку, снег вывозят на очистные сооружения. Ежегодно в Московской акватории фиксируется 320–360 случаев высокого антропогенного загрязнения воды (7). 72–75% из них – это превышение содержания соединений азота, что свидетельствует о поступлении в природные водоемы неочищенных хозяйственно-бытовых стоков, в основном из подмосковных городов.



Относительное содержание элементов в талой воде

В 20% случаев отмечался повышенный сброс органических веществ. Особую опасность представляет поступление в водоемы токсичных органических веществ промышленного производства – пестицидов и гербицидов, лекарств, СПАВ. Сброс неочищенных стоков с повышенным содержанием металлов был отмечен в 3,5% случаев.

Заключение

Поверхностные водные источники периодически подвергаются антропогенным и климатическим возмущениям, во время которых концентрации отдельных компонентов многократно возрастают. Для сохранения качества питьевой воды в процесс её подготовки должны быть включены технические решения по регулированию состава природных источников. На примере Московского мегаполиса изложена современная система организации наблюдения и управления водными ресурсами. Показано, что основанные на данных мониторинга, скоординированные водохозяйственные мероприятия, проводимые в рамках взаимосвязанных водных систем, позволяют обеспечить устойчивое водоснабжение города качественной питьевой водой. С целью повышения эрудиции и компетенции будущих специалистов в области водоподготовки изложенный материал предлагается для обучения студентов.

Список литературы

1. Байденко В.И., Селезнева Н.А. Конкурентоспособные образовательные программы: к формированию концепции // Высшее образование в России. 2011. № 5. С. 24–30.
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. Губонина З.И., Семенова И.В. Экология и инновации в технологии неорганических веществ: учеб. пособие. М.: Изд. МГОУ, 2011. 227 с.

4. Семенова И.В., Зыбинский А.М., Зыбина Н.Ю. Адаптация метода масс-спектрального анализа для определения состава воды природных объектов // Энергосбережение и водоподготовка. 2012. № 6 (80). С. 27–29.
5. Данилов-Данильян В.И., Джамалов Р.Г. Водные объекты московской агломерации // Недропользование. XXI век. 2012. Т. 35. № 5. С. 18–24.
6. Соколова С.А., Федотов А.С., Семенова И.В., Старцева А.И. Разработка эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) на примере реагента ГИДРО-ИКС для обработки воды // Энергосбережение и водоподготовка. 2005. № 3 (35). С. 35–37.
7. Бюллетень загрязнения окружающей среды Московского региона. М.: Изд. Росгидромет, 2017. С. 19.
8. Иванова Е.И., Семенова И.В. Мониторинг водных природных объектов г. Москвы // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. № 1 (69). С. 45–46.
9. Беренбойм Г.М., Венецианов Е.М., Данилов-Данильян В.И. Некоторые научно-технологические проблемы проектирования, создания и функционирования систем мониторинга водных объектов и др. // Вода: химия и экология. 2008. № 2. С. 3–10.
10. Запечалов М.А., Мезенцев Б.М., Семенова И.В., Шаталов Э.В. Автоматические системы гидромониторинга // Методы оценки соответствия. 2013. № 7. С. 28–34.
11. Семенова И.В., Кошелева Л.В., Хорошилов А.В. Хромато-масс-спектрометрическое исследование состава органических примесей в природных коагулянтах // Известия Академии промышленной экологии. 2003. № 1. С. 71–74.
12. Семенова И.В., Зыбина Н.Ю., Щеголева Ю.И. Приоритетные экотоксиканты в природных водах Подмосквья // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 3 (83). С. 57–60.
13. Марченко Е.М., Пермяков А.Б., Семенова И.В. Метод водоподготовки для предотвращения накипи и коррозии в системах промышленной энергетики // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. № 4. С. 44–48.
14. Хорошилов А.В., Семенова И.В., Тимофеев М.В. Рентгенофлуоресцентная спектроскопия как метод исследования осадков, образующихся в процессе водоподготовки // Известия Академии промышленной экологии. 2003. № 4. С. 61.
15. Сапрыкин А.И., Шелпакова И.В., Чанышева Т.А., Закас Н.Н. Некоторые аспекты подготовки проб к атомно-эмиссионному, спектральному и масс-спектральному определению микроэлементов // Журнал аналитической химии. 2003. Т. 58. № 3. С. 273–279.