

УДК 628.1:543.68:658.562
DOI 10.35776/VST.2023.09.04

История создания современной системы контроля и управления качеством питьевой воды в Санкт-Петербурге

Ф. И. Лобанов¹, Т. М. Портнова², И. Л. Боброва³, А. Ю. Ганин⁴, И. А. Мехнецов⁵



Ф. И. Лобанов



Т. М. Портнова



И. Л. Боброва



А. Ю. Ганин



И. А. Мехнецов

¹ Лобанов Федор Иванович, доктор химических наук, профессор, президент компании ООО «КНТП»

117403, Россия, Москва, Востряковский проезд, 10Б, стр. 2, тел.: +7 (499) 372-14-12 e-mail: f.lobanov@kntp-pro.ru

² Портнова Татьяна Михайловна, начальник службы главного технолога филиала «Водоснабжение Санкт-Петербурга», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

194156, Россия, Санкт-Петербург, Манчестерская ул., 1, тел.: +7 (921) 870-88-25, e-mail: Portnova_TM@vodokanal.spb.ru

³ Боброва Ирина Леонидовна, начальник Южной водопроводной станции, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

191015, Россия, Санкт-Петербург, Кавалергардская ул., 4, тел.: +7 (921) 324-73-73, e-mail: Bobrova_IL@vodokanal.spb.ru

⁴ Ганин Александр Юрьевич, начальник Волковской водопроводной станции, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

191015, Россия, Санкт-Петербург, Кавалергардская ул., 4, тел.: +7 (921) 969-53-45, e-mail: Ganin_AY@vodokanal.spb.ru

⁵ Мехнецов Илья Анатольевич, генеральный директор ООО «Экострой-Проект»

192148, Россия, Санкт-Петербург, проспект Елизарова, 34, тел.: +7 (812) 333-41-18, e-mail: 3334118@mail.ru

Для цитирования: Лобанов Ф. И., Портнова Т. М., Боброва И. Л., Ганин А. Ю., Мехнецов И. А. История создания современной системы контроля и управления качеством питьевой воды в Санкт-Петербурге // Водоснабжение и санитарная техника. 2023. № 9. С. 25–30. DOI: 10.35776/VST.2023.09.04.

Эффективное управление качеством производимого продукта является одной из основных задач для любого производства. Особое значение управления производственным процессом возникает в случае, когда производимый продукт – основа жизнеобеспечения и здоровья потребителя. Функционирование централизованных систем водоснабжения имеет особую значимость, прежде всего, в отношении надежности и безопасности [1]. Необходимость поиска новой парадигмы безопасности питьевого водоснабжения как неотъемлемой составляющей национальной безопасности России была своевременно оценена Феликсом Владимировичем Кармазиновым. В 2004 г. был задан вектор развития систем водоподготовки, в том числе и посредством замены системы контроля качества воды, основанной на дискретном отборе проб для лабораторного контроля, фиксирующем события изменения качества воды *post factum*. С позиций парадигмы безопасности во-

доснабжения это не соответствует ни уровню рисков от преднамеренных действий, ни современным техническим возможностям осуществления контроля в режиме онлайн. Одним из приоритетных направлений в области повышения безопасности централизованного водоснабжения была определена задача построения современных мониторинговых систем, способных прогнозировать, своевременно идентифицировать и предотвращать ситуации ухудшения качества обрабатываемой, хранимой и транспортируемой потребителю воды. Дана хронология этапов внедрения мониторинговых онлайн-систем контроля качества и безопасности воды на объектах водоснабжения Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: мониторинговая система контроля качества воды, измерительно-вычислительная система управления технологией водоподготовки, факторы риска при водоподготовке, управление рисками.

The history of designing a modern system for drinking water quality monitoring and managing in St. Petersburg

F. I. Lobanov¹, T. M. Portnova², L. I. Bobrova³, A. Iu. Ganin⁴, I. A. Mekhnetsov⁵

¹ Lobanov Fedor, Doctor of Chemical Sciences, Professor, President, KNTP LLC

Block 2, 10B Vostriakovskii Passway, Moscow, 117403, Russian Federation, tel.: +7 (499) 372-14-12, e-mail: f.lobanov@kntp-pro.ru

² Portnova Tat'iana, Head of the Chief Process Engineer Service, Water Supply of St. Petersburg Branch, SUE «Vodokanal of St. Petersburg»

1 Manchesterskaia St., Saint-Petersburg, 194156, Russian Federation, tel.: +7 (921) 870-88-25, e-mail: Portnova_TM@vodokanal.spb.ru

³ Bobrova Irina, Director of the South Water Treatment Plant, SUE «Vodokanal of St. Petersburg»

4 Kavalergardskaia St., Saint-Petersburg, 191015, Russian Federation, tel.: +7 (921) 324-73-73, e-mail: Bobrova_IL@vodokanal.spb.ru

⁴ Ganin Aleksandr, Director of the Volkov Water Treatment Plant, SUE «Vodokanal of St. Petersburg»

4 Kavalergardskaia St., Saint-Petersburg, 191015, Russian Federation, tel.: +7 (921) 969-53-45, e-mail: Ganin_AY@vodokanal.spb.ru

⁵ Mekhnetsov Il'ia, General Director, Ekostroi-Proekt, LLC

34 Elizarova Ave., Saint-Petersburg, 192148, Russian Federation, tel.: +7 (812) 333-41-18, e-mail: 3334118@mail.ru

For citation: Lobanov F. I., Portnova T. M., Bobrova I. L., Ganin A. Iu., Mekhnetsov I. A. The history of designing a modern system for drinking water quality monitoring and managing in St. Petersburg. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaia Tekhnika*, 2023, no. 9, pp. 25–30. DOI: 10.35776/VST.2023.09.04. (In Russian).

Efficient quality control of the manufactured product is one of the main tasks for any production. Of particular importance is the management of the production process in case the product being produced is the basis for the life support and health of the consumer. The functioning of public water supply systems is of paramount importance, primarily in terms of reliability and safety [1]. The need to find a new paradigm for the safety of drinking water supply as an integral part of the national security of Russia was timely estimated by Felix Vladimirovich Karmazinov. In 2004, a vector was plotted for the development of water treatment systems inclusive of replacing the water quality control system based on discrete sampling for laboratory analysis, recording water quality change events *post factum*. With regard to the water supply security paradigm, this does not correspond to the level of risks from premeditated actions, nor to the modern engineering capabilities of online monitoring. One of the priority areas in the field of improving the safety of public water supply was the task of designing advanced monitoring systems that provide for predicting, identifying in a timely manner and preventing deterioration of the quality of processed, stored and transported water to the consumer. The chronology of the stages of implementing online monitoring systems for the control of the water quality and safety at the water supply facilities in St. Petersburg is given.

Key words: water quality monitoring system, measuring and computing system for water treatment technology control, risk factors in water treatment, risk management.

Введение

Для производства воды питьевого качества на объектах водоподготовки ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» используется вода, забираемая из водных объектов: поверхностные источники – Финский залив (река Нева); подземные источники – скважины (Гдовский, Ордовикский, Межморенный водоносные горизонты).

Природная вода является сложной системой, содержащей органические и неорганические вещества, а также тонкодиспергированные компоненты. Кроме того, качество природной воды может меняться в зависимости от времени года, химического и дисперсного состава, антропогенной и техногенной нагрузки на водисточник.

Выбор оптимальных доз химических реагентов – одна из основных задач в процессе производства питьевой воды. При выборе оптимальных доз химических реагентов необходимо учи-

тывать качество исходной воды, комплексную оценку работы технологических схем водоподготовки, качество произведенной питьевой воды в зависимости от заданных параметров водоподготовки.

Производственный контроль эффективности функционирования объектов водоподготовки предусматривает, наряду с оценкой режимов реагентной обработки, требования к режимам гидравлической нагрузки и техническому состоянию сооружений. Внедрение систем онлайн-контроля качества воды по этапам водоподготовки является комплексным решением управления производственным процессом с использованием современных цифровых технологий.

Этап первый

В 2004 г. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» одним из первых в стране начал внедрять систему автоматизированного контроля качества

воды на различных технологических этапах. Перечень контролируемых в режиме онлайн показателей, выбор технологических точек установки оборудования, способ визуализации, обработки и архивации результатов приборных измерений определялись как аналог существующей системы лабораторного производственного контроля.

На предприятии четко сформировалось понятие «Автоматизированная система контроля качества воды» (АСККВ) как комплекс технических устройств, обеспечивающих измерение в режиме реального времени физических, химических показателей качества воды и передачу информации на центральный пункт управления. Данная система включает автоматические анализаторы с возможностью производить отбор и обработку проб воды без участия человека.

Сформировались основные требования к организации автоматизированной системы контроля качества воды (таблица).

Этап второй.

Волковская водопроводная станция – завод-автомат

В 2005 г. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» совместно с компанией ООО «КНТП Плюс» и ООО «Орбита логистик» на базе накопленного опыта в области создания и эксплуатации автоматизированных систем контроля качества воды по этапам производства питьевой воды приступил к реализации проекта: «Завод-автомат – Волковская водопроводная станция».

В основу концепции проекта было положено четкое понимание следующих аспектов:

характер изменения качества воды поверхностного источника р. Невы вследствие высокой антропогенной нагрузки, значительных колебаний природной нагрузки, скорости перемещения водных масс;

возможность и целесообразность создания автоматизированной системы управления и контроля качества питьевой воды, способной незамедлительно реагировать на изменения качества сырой воды в процессе водоподготовки;

закономерности этапов технологического процесса водоподготовки на Волковской водопроводной станции, их взаимосвязь;

необходимость создания автоматизированной системы управления, включающей использование соответствующей измерительной техники на всех этапах технологического процесса, единой сквозной автоматизированной системы управления дозированием химических реагентов, разработки алгоритмов управления и оптимизации использования дополнительных средств, интеграции с центральным пунктом безопасности управления при авариях.

В состав АСККВ вошли промышленные анализаторы контроля следующих параметров: уровень токсичности для дафний, нефтепродуктов, цианобактерий; цветность воды; спектральный коэффициент абсорбции; концентрация аммония; концентрация нитратов; содержание растворенного кислорода; окислительно-восстановительный потенциал; мутность воды; электропроводность воды; водородный показатель; температура.

Этап организации АСККВ	Требования
Выбор значимых технологических параметров по этапам водоподготовки	Получаемые оперативные результаты измерений могут быть использованы в системе управления процессом водоподготовки
Выбор технологических точек установки промышленных анализаторов	Технологические точки отбора проб воды выбираются с учетом: объективной оценки технологического процесса возможностью проведения контроля работы анализатора лабораторным методом обеспечения условий работы анализатора в соответствии с техническим паспортом обеспечения условий проведения регламентного обслуживания анализатора
Выбор типа анализаторов	При выборе промышленного анализатора необходимо учитывать: контролируемый показатель соответствует технологии водоподготовки метод измерения сопоставим с контрольным лабораторным методом квалификацию обслуживающего персонала возможность закупки расходных материалов
Создание автоматизированного рабочего места оператора	При организации АСККВ необходимо предусмотреть: вывод результатов онлайн-измерений на автоматизированное рабочее место оператора наличие системы аварийного оповещения об отклонениях от заданных параметров, сбоя работы оборудования архив данных для последующего анализа результатов контроля



Рис. 1. Автоматизированная система контроля качества воды. Волковская водопроводная станция

Созданная и апробированная в 2006 г. автоматизированная система управления и контроля процессом производства питьевой воды на Волковской водопроводной станции изменила традиционный взгляд специалистов предприятия на порядок контроля и управления технологией водоподготовки (рис. 1). На базе полученного

опыта и знаний в дальнейшем сформировалось мнение о необходимости развивать данное направление с целью повышения эффективности работы сооружений как в области обеспечения качества производимой питьевой воды, так и оптимизации затрат [2].

Поиск передовых разработок, проведение опытно-промышленных испытаний позволили сформировать видение современной мониторинговой системы. При этом необходимо создание вычислительных комплексов со специальным программным обеспечением, обеспечивающим проверку достоверности измерений, диагностику работоспособности анализаторов, надежную и безопасную передачу информации удаленному пользователю с контрольных точек в режиме реального времени.

Концепция создания и поэтапного внедрения Автоматизированной интеллектуальной системы управления технологией производства питьевой воды (рис. 2) [3; 4]:

разработка и внедрение автоматизированной системы управления технологией водоподготовки на основе применения измерительно-вычис-



Рис. 2. Измерительно-вычислительные комплексы. Автоматизированная интеллектуальная система управления технологией производства питьевой воды

лительных комплексов, использующих информацию о качестве измеряемой среды, поступающую в режиме реального времени, в качестве критериев для оценки текущей эффективности технологических процессов;

изменение традиционной концепции способа управления процессами производства питьевой воды путем изменения (пересмотра) набора значимых управленческих параметров [5];

создание новой парадигмы надежности и безопасности питьевого водоснабжения;

разработка методологии интеграции современного аналитического оборудования для контроля качества воды в АСУТП водоподготовки.

Основная сложность создания интеллектуальной системы управления сводится к тому, что производство питьевой воды имеет комбинированный характер зависимостей, что расширяет задачи при описании технологических процессов.

Внедрение автоматизированной системы интеллектуального управления производством позволяет:

стабилизировать эксплуатационные показатели технологического оборудования и оптимизировать режимные параметры технологических процессов;

диагностировать и предупреждать возникновение аварийных ситуаций;

повысить производительность и качество продукции;

создать системы быстрого планирования основных показателей;

усовершенствовать эффективность использования оборудования и приборов КИП;

уменьшить количество ухудшений качества воды и количество жалоб абонентов на ее качество;

снизить влияние человеческого фактора на технологический процесс;

диагностировать и определять причины отклонений параметров процесса от желаемых значений;

решать задачи мониторинга состояния оборудования;

иметь возможность построения виртуальных датчиков;

решать задачи стабилизации и оптимизации целевых показателей эффективности процессов.

Порядок разработки автоматизированной интеллектуальной системы управления технологическими процессами производства питьевой воды:

система разрабатывается на основании процессного подхода;

используются фундаментальные основы научного направления «Системный анализ» при сравнении с основными принципами и закономерностями научных и прикладных основ процесса производства питьевой воды;

выявляется сопоставимость процессов системы – совокупность последовательных изменений состояния системы для достижения цели: входной процесс, выходной процесс, переходный процесс;

определяются технические, технологические, эксплуатационные и экономические взаимосвязи параметров технологических процессов производства питьевой воды;

обосновывается выбор управляемых, неуправляемых параметров для сооружений водоподготовки;

определяются требования к исходной статистической информации для дальнейшей разработки базы данных технологических процессов производства питьевой воды;

определяются основные принципы построения зависимостей параметров технологических процессов от качества и объема исходной воды, технических характеристик конкретных технологических сооружений.

При создании автоматизированных интеллектуальных систем управления технологическими процессами водоподготовки, способных автоматически корректировать, например, дозы реагентов в зависимости от текущего качества воды, использование результатов дискретных лабораторных определений не представляется возможным. В таких системах следует опираться на результаты онлайн-измерений при условии их достоверности – высокой степени соответствия измеренных величин их истинному или принятому опорному значению.

В целях управления дозированием на основе данных онлайн-контроля практическими задачами являются:

обеспечение представительности проб и стабильности условий измерений проточными анализаторами;

обеспечение максимальной близости результатов, полученных проточными анализаторами и лабораторным методом.

Автоматизированная система контроля качества воды, начало которой было положено Ф. В. Кармазиновым в 2004 г., с учетом современного уровня аналитического оборудования, получила статус измерительно-вычислительного комплекса. Изменились технические требования к измерительно-вычислительным комплексам, обеспечивающим высокую надежность измере-

ний. Современное оборудование, применяемое на объектах водоподготовки с целью управления технологическими процессами, должно отвечать следующим требованиям:

высокая селективность, чувствительность к малым концентрациям измеряемой величины и высокая точность проточных анализаторов;

автоматическая компенсация измерений по влияющим факторам;

возможность анализа нескольких показателей в одной пробе за одно измерение;

предустановленные заводские калибровки и возможность локальной калибровки анализаторов на месте измерений;

автоматическая очистка и самодиагностика; продолжительный межсервисный интервал.

Ужесточились критерии организации онлайн-контроля: представительность пробы; стабильность условий подачи проб к проточным ячейкам; возможность локальной калибровки для сближения результатов лабораторных и онлайн-измерений; периодическая проверка проточных анализаторов на соответствие результатов измерений величине доверительного интервала; наличие программного обеспечения для валидации данных.

Выводы

1. Опыт ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в области разработки и внедрения измерительно-вычислительных комплексов, использования методов математического анализа, оснащение производств «умными» машинами и механизмами подтвердили возможность, своевременность и надежность применения автоматизированной интеллектуальной системы управления технологическими процессами производства питьевой воды.
2. Выбранная Ф. В. Кармазиновым стратегия внедрения цифровых технологий обеспечила

надежность в части гарантированного производства питьевой воды для жителей Санкт-Петербурга в соответствии с санитарными требованиями.

3. Полученный положительный опыт на объектах водоподготовки предприятия успешно изучается и внедряется профессиональным сообществом РФ с целью обеспечения доброкачественной питьевой водой и улучшения качества жизни населения страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хойслер Х.-Д., Лобанов Ф. И., Кармазинов Ф. В. Материалы Международной конференции «Стратегия развития мегаполиса (некоторые аспекты) – взгляд в 2014 год». – М.: Информиздат, 2013. С. 59–64.
2. Ипатко М. Н., Ильющенко О. Н., Портнова Т. М., Гвоздев В. А., Лобанов Ф. И. Автоматизация процессов производства питьевой воды на объектах водоснабжения // *Вода Magazine*. 2016. № 5 (105). С. 12–17.
3. Боброва И. Л., Волков С. Н., Гвоздев В. А., Морозова Ю. А., Портнова Т. М., Мехнецов И. А., Столбов К. И. Минимизация производственных рисков. Система интеллектуального управления технологиями водоподготовки: подходы и инструменты // *Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения*. 2022. № 2. С. 45–51.
4. Боброва И. Л., Морозова Ю. А., Новикова Е. М., Портнова Т. М., Галактионова О. Д. Разработка методики аналитического прогнозирования параметров процесса водоподготовки // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. 2020. № 11. С. 52–59.
5. Гвоздев В. А., Портнова Т. М., Корчиги Т. Ф., Морозова С. З., Семиволос Е. Н., Мехнецов И. А., Конюхов М. Ю., Столбов К. Ю. Методы оптимизации процессов хлораммонизации на основе онлайн-контроля качества воды (опыт ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга») // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2021. № 5. С. 4–16. DOI: 10.35776/VST.2021.05.01.

REFERENCES

1. Hoisler H. D., Lobanov F. I. Proceedings of Megacity Development Strategy (some aspects) View in 2014 International Conference. Moscow, Informizdat Publ., 2013, pp. 59–64. (In Russian).
2. Ipatko M. N., Il'yushchenko O. N., Portnova T. M., Gvozdev V. A., Lobanov F. I. [Automation of drinking water preparation processes at water supply facilities]. *Voda Magazine*, 2016, no. 5 (105), pp. 12–17. (In Russian).
3. Bobrova I. L., Volkov S. N., Gvozdev V. A., Morozova Iu. A., Portnova T. M., Mekhnetsov I. A., Stolbov K. I. [Minimization of production risks. Intelligent control system for water treatment technologies: approaches and tools]. *Nailuchshie Dostupnye Tekhnologii Vodospabzheniia i Vodootvedeniia*, 2022, no. 2, pp. 45–51. (In Russian).
4. Bobrova I. L., Morozova Iu. A., Novikova E. M., Portnova T. M., Galaktionova O. D. [Development of a method for analytical prediction of water treatment process parameters]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodospabzhenie*, 2020, no. 11, pp. 52–59. (In Russian).
5. Gvozdev V. A., Portnova T. M., Korchigo T. F., Morozova S. Z., Semivolos E. N., Mekhnetsov I. A., Koniukhov M. Iu., Stolbov K. Iu. [Methods of optimizing chloramination processes on the basis of online water quality monitoring (experience of SUE «Vodokanal of St. Petersburg»)]. *Vodospabzhenie i Sanitarnaia Tekhnika*, 2021, no. 5, pp. 4–16. DOI: 10.35776/VST.2021.05.01. (In Russian).