

УДК 628.1

Адельшин А.Б. – доктор технических наук, профессор

Нуруллин Ж.С. – доцент

E-mail: nurullin.g@yandex.ru

Бусарев А.В. – кандидат технических наук, доцент

Шешегова И.Г. – доцент

E-mail: ig-7@mail.ru

Хамидуллина А.А. – старший преподаватель

E-mail: alsu-13@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

### Некоторые аспекты хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Казани

#### Аннотация

В статье рассмотрены проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Казани. Дан анализ качественного состояния источников водоснабжения города – поверхностного и подземных, а также проведен анализ технического состояния водозаборных сооружений, водоочистной станции Волжского водозабора и городских водопроводных сетей. Рассмотрена программа перспективного развития системы водоснабжения Казани на период до 2020 г., которая предусматривает увеличение производительности Волжского водозабора и введение в эксплуатацию водозабора подземных вод Столбищенского месторождения с объединением источников в единую систему. Реализация программы позволит ликвидировать дефицит питьевой воды, улучшить ее качество и повысить надежность работы системы водоснабжения города.

**Ключевые слова:** хозяйственно-питьевое водоснабжение, качество воды, водоносный горизонт, водозаборные и водоочистные сооружения, технология водоподготовки, водопроводная сеть, водопроводный узел.

В настоящее время город Казань, как и большинство крупных городов Российской Федерации, в вопросах хозяйственно-питьевого водоснабжения испытывает ряд общих проблем – дефицит питьевой воды, низкий процент подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении, ухудшение качества воды источников водоснабжения, использование устаревших технологий очистки воды, неудовлетворительное состояние сетей, вызывающее вторичное загрязнение и большие потери водопроводной воды в процессе ее транспортировки потребителям.

Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения Казани является вода Куйбышевского водохранилища.

Вода, забираемая из Куйбышевского водохранилища, подвергается обработке на очистных сооружениях Волжского водозабора, состоящей из пяти очередей, общей проектной производительностью 510 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Технология водоподготовки, используемая на всех очередях очистных сооружениях, была разработана применительно к качеству волжской воды в 30-40-х годах прошлого века. Она предусматривает реагентную обработку воды с использованием коагулянта и флокулянта с отстаиванием воды в горизонтальных отстойниках и фильтрованием на скорых фильтрах с зернистой загрузкой из кварцевого песка. На заключительной стадии очистки вода проходит обеззараживание жидким хлором. Используемая технология, согласно нормам на проектирование [2], применяется при подготовке мутных вод.

В настоящее время, по сравнению со времени начала эксплуатации очистной станции в 1942 году, качество волжской воды претерпело значительные изменения, в том числе и в результате создания Куйбышевского водохранилища, и характеризуется как вода средней мутности и цветности.

По многолетним данным, наблюдается негативная тенденция снижения качества воды Куйбышевского водохранилища, связанная как с интенсивным антропогенным воздействием – загрязнением промышленными, бытовыми и ливневыми сточными водами, так и процессами водной эрозии берегов, особенно в прибрежной зоне, и минерализацией органических донных отложений. На фоне незначительной мутности увеличивается цветность воды, отмечается повышение содержания железа, марганца, фенолов, солей тяжелых металлов, растет перманганатная окисляемость, отмечается интенсивное развитие планктона, ухудшаются бактериологические показатели воды.

На сегодняшний день Куйбышевское водохранилище в районе Волжского водозабора города Казани как источник водоснабжения по органолептическим и бактериологическим показателям качества воды может быть отнесено только ко второму классу, а по отдельным показателям – к третьему классу [1] (табл. 1).

Таблица 1

**Основные показатели качества воды Куйбышевского водохранилища в створе Волжского водозабора г. Казани**

Показатели	Ед. мзм	Величина показателя			Норматив для ЦХПВ 2 класса
		min	max	сред.	
Взвешенные вещества	мг/л	3	15	4,8	0,25 к фону
Цветность	град.	35	159	58	120
Запах	балл	1	3	2	3
Жесткость общая	мг-экв/л	2,4	4	3,4	7
Сухой остаток	мг/л	201	303	266	1000
ПАВ	мг/л	0,04	0,11	0,081	0,5
Окисляемость	мгО <sub>2</sub> /л	5,1	11	8,1	5,0
Железо	мг/л	0,32	1	0,55	3
БПК <sub>5</sub>	мг/л	0,6	3,2	1,9	2
ОМЧ при 22°С	КОЕ/мл	13	3850	438	не норм.

Обработка воды с незначительным содержанием взвешенных веществ по существующей схеме в горизонтальных отстойниках малоэффективна и не позволяет достичь требуемой глубины осветления на первой ступени очистки, что приводит к увеличению грязевой нагрузки на скорые фильтры. Для повышения эффективности работы отстойников применяются повышенные дозы коагулянта, что ведет не только к перерасходу реагентов, но и вызывает рост концентрации алюминия в очищенной воде. Кроме этого, на эффективность работы очистной станции влияет отсутствие в технологической схеме подготовки воды микрофильтров, что, в свою очередь, увеличивает биообрастание сооружений.

При водоподготовке по данной технологии возникают определенные проблемы из-за того, что она не рассчитана на повышенные концентрации загрязнений антропогенного происхождения (нефтепродукты, фенолы, поверхностно-активные вещества, соли тяжелых металлов и т.п.).

Также негативно влияют на процесс очистки воды устаревшее оборудование, имеющее значительный износ.

В связи с отсутствием на очистной станции сооружений по обработке промывных вод от скорых фильтров потери воды вместо рекомендуемых 3-4 % [2] достигают 14 % от общей производительности очистных сооружений. Кроме этого, отсутствие повторного использования промывных вод обуславливает увеличенный забор воды из источника и увеличение затрат электроэнергии на его перекачку. Более того, сброс неочищенных промывных вод, содержащих химреагенты, негативно влияет на экологию водоема.

Наряду с водой Куйбышевского водохранилища, для хозяйственно-питьевого водоснабжения Казани используются подземные воды, объем которых составляет около 6 % от общего водопотребления города, что более чем в 3 раза меньше нормативных требований по безопасности систем хозяйственно-питьевого водоснабжения в чрезвычайных ситуациях [4]. На территории города расположены 8 подземных водозаборов и несколько десятков

отдельно стоящих скважин. Наиболее крупными по дебиту подземными водозаборами являются водозаборы «Азино», «Мирный», «Аки», «Танкодром».

Подземные воды приурочены к неогенчетвертичным и верхне- и нижнеказанским отложениям с глубиной залегания водоносных пластов от 5-6 до 125 м и относятся к категории незащищенных, а значит, подвержены загрязнению поверхностными стоками. Большая часть подземных вод (примерно 70 %) по своему качеству не соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [3] и требуют очистки по жесткости и содержанию железа.

Большинство подземных водозаборов г. Казани в настоящее время не имеет утвержденных зон санитарной охраны второго и третьего пояса, а у некоторых скважин отсутствуют даже зоны первого пояса. Практически все подземные водозаборы подают воду в городскую сеть без какой-либо обработки.

Качество воды подаваемой потребителям также значительно зависит от технического состояния водопроводных сетей.

Строительство водопроводных сетей в г. Казани было начато в 30-х годах прошлого века и большинство трубопроводов, подающих питьевую воду, эксплуатируется уже в течение 50-60 лет. Длительный срок эксплуатации трубопроводов привел к их значительному физическому износу (при общей протяженности сетей 1128 км, свыше 500 км отнесено к ветхим [5]) и соответственно к большой аварийности на сетях и увеличению потерь воды, которые составляют до 20 % от объема воды, подаваемой в сеть.

В процессе длительной эксплуатации водопроводных труб отмечается как значительная коррозия материала трубопроводов, так и обрастание внутренней поверхности. В результате этого уменьшилась пропускная способность сети и увеличилось вторичное загрязнение воды при ее транспортировке.

В 2010 году администрацией г. Казани разработана программа развития городских инженерных систем на период до 2020 года, которая предусматривает развитие систем водоснабжения, водоотведения, тепло-, газо- и электроснабжения, а также системы утилизации твердых бытовых отходов.

Исходя из анализа существующего состояния системы водоснабжения города Казани, для повышения ее надежности и улучшения качества подаваемой воды, программой предусмотрено создание кольцевой схемы, объединяющей существующий Волжский водозабор из поверхностного источника и проектируемый водозабор подземных вод «Столбищи».

Реконструкция Волжского водозабора заключается в модернизации технологии водоподготовки существующих очередей очистной станции с доведением его производительности до 630 тыс. м<sup>3</sup>/сут путем строительства VI очереди на 125 тыс. м<sup>3</sup> воды в сутки, а также узла обработки промывных вод скорых фильтров и обработки осадков горизонтальных отстойников.

Подземные воды в объеме 200 тыс. м<sup>3</sup>/сут предполагается подавать от водозабора «Столбищи», расположенного к югу от города на площадке Столбищенского участка.

Проектируемый водозабор «Столбищи» будет располагаться на одноименном участке на разведанных эксплуатационных запасах подземных вод Приказанской группы месторождений [3]. Водозабор будет размещен на землях Лаишевского района и представляет собой полосу шириной 1 км и длиной 20 км, от южной окраины г. Казани до н.п. Никольское.

Расчетная схема прогнозного водозабора, принятая по результатам предварительной оценки запасов, представляет собой линейный ряд, состоящий из 10 площадок водозаборных скважин по 4-6 га, расположенных на расстоянии 1,5-2,5 км друг от друга с эксплуатационной нагрузкой от 10 до 30 тыс. м<sup>3</sup>/сут на один узел. Эксплуатационные запасы подземных вод Столбищенского месторождения оценены на срок 25 лет в сумме 212,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут. На одном из участков площадью 120 га расположен действующий водозабор птицефабрики «Юбилейная», где пробурено 10 действующих и 6 резервных скважин.

В качестве одиннадцатого водозаборного узла в схему включена территория действующего водозабора «Мирный» площадью 28 га, на которой расположено 12 действующих и 10 резервных скважин.

Водоносные горизонты заключены в неогенчетвертичных и верхнепермских отложениях. Неогенчетвертичный водоносный комплекс приурочен к террасовым

отложениям р. Волга и залегает на глубинах до 60 м и более. Водовмещающие породы представлены песками разномерными, часто глинистыми, с включением гальки и щебня. Мощность их в осевых частях долины р. Волга измеряется десятками метров. Воды безнапорные и напорные. Величина напора варьирует от 0 до 40-46 м, дебиты скважин достигают 3 л/сек и более.

Качество вод месторождения изучено по результатам гидрогеохимического опробования эксплуатационных скважин водозабора «Мирный», а также одиночных эксплуатационных и поисково-разведочных скважин на площадке проектируемого водозабора «Столбищи». Воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магнєвые с сухим остатком от 300 до 500 мг/л, с жесткостью в пределах до 7 мг-экв/л. В целом, воды комплекса безопасны в эпидемическом и радиационном отношении, безвредны по химическому составу и имеют благоприятные органолептические свойства. На отдельных площадках водозабора отмечается превышение ПДК по мутности, содержанию железа, марганца и интенсивности запаха.

Усредненные показатели качества подземной воды, при смешении дебита со всех 10 площадок водозабора, приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Показатели качества усредненной воды

Показатели воды	Норматив по СанПиН 2.1.4.1074-01	Среднее значение	Примечание
Мутность, мг/л	1,5	3,55	не удовл.
Цветность в градусах	20	4,4	удовл.
Водородный показатель, рН	6-9	7,6	удовл.
Сухой остаток, мг/л	1000	358,6	удовл.
Жесткость общая, ммоль/л	7	5,39	удовл.
Окисляемость перманганатная, мг/л	5	1,92	удовл.
Нефтепродукты, суммарно, мг/л	0,1	0,024	удовл.
ПАВ, анионно-активные, мг/л	0,5	0,136	удовл.
Фенольный индекс, мг/л	0,25	0,0017	удовл.
Алюминий (Al), мг/л	0,5	0,07	удовл.
Барий (Ba), мг/л	0,1	0,1	удовл.
Бериллий (Be), мг/л	0,0002	0,0014	не удовл.
Бор (B), мг/л	0,5	0,036	удовл.
Бром (Br), мг/л	0,2	0,029	удовл.
Железо (Fe), мг/л	0,3	0,97	не удовл.
Кадмий (Cd), мг/л	0,001	0,0006	удовл.
Кальций (Ca), мг/л	-	74,7	
Магний (Mg), мг/л	-	22,66	

Как видно из таблицы, усредненная вода требует очистки по содержанию взвешенных веществ, железа и бериллия.

Анализ карты техногенной нагрузки показывает, что большая часть Столбищенского участка располагается в ненарушенных условиях, однако в центральной части участка, непосредственно на линии прогнозного водозабора находятся несколько потенциальных источников загрязнения подземных вод:

- 1) Птицефабрика «Юбилейная ПО Татарское» 1,2-1,3 млн. голов птицы в год, находится между н.п. Песчаные Ковали и Столбищи;
- 2) Откормсовхоз «Казанский» на 1414 голов крупного рогатого скота и 260 голов свиней, расположенный на западной окраине н.п. Песчаные Ковали;
- 3) Комплекс крупного рогатого скота на 394 коровы в 1,5 км юго-западнее н.п. Пиголи;
- 4) Молочно-товарная ферма с поголовьем дойного стада на 402 коровы, расположенная у села Никольское.

Техногенная обстановка, сложившаяся на территории Столбищенского месторождения, крайне неоднородна: есть участки, находящиеся практически в

ненарушенных условиях, но также есть участки с наличием потенциальных источников химического, нефтяного и бактериального загрязнения одновременно.

По данным гидрохимических опробований наблюдательных и эксплуатационных скважин на исследуемой площади, на сегодняшний день, наличие потенциальных источников загрязнения практически не отражается на качестве подземных вод, что свидетельствует о высокой очищающей способности зоны аэрации.

В перспективе, программой развития системы водоснабжения города предусмотрено объединение источников водоснабжения путем создания водопроводного кольца, охватывающего всю территорию города с устройством 15 водопроводных узлов, 8 из которых на сегодня существуют.

Водопроводные узлы производительностью от 2500 до 5000 м<sup>3</sup>/ч состоят из насосных станций и резервуаров чистой воды объемом от 3 до 20 тыс. м<sup>3</sup>. Между водопроводными узлами будут проложены магистральные линии диаметром от 700 до 1200 мм, причем по внешнему контуру прокладка водоводов предусмотрена в две линии. Общий объем резервуарного парка составит 400 тыс. м<sup>3</sup>, что позволит в случае техногенных аварий, связанных с загрязнением Волги или выходом из строя Волжского водозабора, обеспечить город водой, с некоторыми ограничениями, в течение 2-х суток. Кроме этого, создание этой схемы водоснабжения предполагает ликвидацию подземных водозаборов на территории города.

Реализация данной программы позволит ликвидировать дефицит питьевой питьевой воды, улучшить ее качество и повысить надежность работы системы водоснабжения города.

### Список литературы

1. ГОСТ 2761-84. «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические и технологические требования и правила выбора. Введ. 01.01.86. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 12 с.
2. СНиП 2.04.02-84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Введ. 01.01.85. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 128 с.
3. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора России, 2002. – 103 с.
4. ГОСТ Р22.6.01-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита систем хозяйственно-питьевого водоснабжения. Общие требования. Введ. 01.07.96. – М.: Госстандарт Российской Федерации, 1996. – 16 с.
5. Феофанов Ю.А., Адельшин А.Б., Нуруллин Ж.С. Пути экономии энергоресурсов в системах водоснабжения // Известия КГАСУ, 2012, № 2 (20). – С. 153-159.

**Adelshin A.B.** – doctor of the technical sciences, professor

**Nurullin G.S.** – associate professor

E-mail: nurullin.g@yandex.ru

**Busarev A.V.** – candidate of the technical sciences, associate professor

**Sheshegova I.G.** – associate professor

E-mail: ig-7@mail.ru

**Khamidoullina A.A.** – senior lecturer

E-mail: alsu-13@list.ru

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

### Some aspects of the drinking water supply system of Kazan

#### Resume

The main source of drinking water in Kazan is the Volga River. Water quality, affected by the creation of the Kuibyshev reservoir as well as human impact, has changed significantly. Water

treatment technology, which was designed according to the conditions that were at the beginning, today is outdated and ineffective. Besides city water supply system does not meet the regulatory requirements for safety in emergency situations in mind due to low use of groundwater.

Water supply system of the city is characterized by great physical deterioration, high accident rate and high water loss. Corrosion and fouling of pipes reduced their capacity, increased secondary contamination of water during transportation as well as the cost of pumping.

Perspective plan for developing existing system is the establishment of annular water supply system of the city which will combine the existing Volga intake plant from surface water and groundwater intake plant «Stolbische» that is currently being designed. Plumbing ring will cover the whole city which will consist of 15 water supply knots.

Water treatment technology of the existing sewage treatment plant needs to be modernized for increasing its performance up to 630 m<sup>3</sup>/day, also processing unit for water and precipitation should be constructed.

Cover the deficit of drinking water systems and increase the use of groundwater in the drinking water supply system of the city is planned by putting into operation water intake system for underground water of the Stolbische deposit with performance 200 m<sup>3</sup>/day.

**Keywords:** drinking water supply system, water quality, aquifer, water intake and water treatment plants, water treatment technology, water supply system, the water knot.

#### References

1. GOST 2761-84. «Sources of centralized drinking water supply systems. Hygienic and technological requirements and selection rule». Introduced. 01.01.86. – M.: Publishing IEC standards, 2001. – 12 p.
2. SNIP 2.04.02-84\*. Water supply. External networks and facilities. Introduced. 01.01.85. – M.: FSUE LAC, 2004. – 128 p.
3. SanPiN 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygiene requirements for the quality of centralized water supply systems. Quality control. – M.: Russian Federal Centre for Sanitary Inspection, 2002. – 103 p.
4. GOST R22.6.01-95. Safety in emergency situations. Safeguarding of drinking water supply systems. General requirements. Introduced. 01.07.96. – M.: State Standard of the Russian Federation, 1996. – 16 p.
5. Feofanov J.A., Adelshin A.B., Nurullin J.S. Ways of saving energy in water supply systems // News KGASU, 2012, № 2 (20). – P. 153-159.