

Научно-исследовательская работа

Экология

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ПО  
АДМИНИСТРАТИВНЫМ ОКРУГАМ МОСКВЫ**

Выполнил:

**Кулагин Денис Игоревич**

Учащийся 10 класса

ГБОУ Школа 171, Россия, г. Москва

Руководитель:

**Крахина Елена Александровна**

Учитель экологии, географии

ГБОУ Школа 171, Россия, г. Москва

## Содержание

1. Введение.....	3
2. Эколого-техническая характеристика водопроводной системы Москвы.....	4
2.1. Нормативные документы .....	4
2.2. Система водоснабжения города.....	4
3. Методика и результаты исследования .....	6
4. Вывод.....	13
5. Список литературы .....	14

## 1. Введение

В современных реалиях качество водных ресурсов играет ключевую роль в жизнедеятельности человека. Для того, чтобы вода была чистой и отвечала всем необходимым санитарно-эпидемиологическим нормам, необходимо осуществлять мониторинг качества водопровода и водных ресурсов. В государственном докладе Роспотребнадзора «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации», прописаны случаи смертности граждан из-за низкого качества водопроводной воды, связанные с инфекционными заболеваниями, болезнями системы кровообращения, органов пищеварения и новообразованиями.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью предоставления гражданам общедоступной и достоверной информации о качестве водопроводной воды. Потребление недоброкачественной питьевой воды приводит к росту заболеваний как инфекционной, так и неинфекционной природы, связанной с химическим составом воды. В целях улучшения качества жизни граждан, необходимо соблюдение установленных нормативов в области водопользования.

Цель исследования заключалась в эколого-химической оценки качества водопроводной воды и определении наиболее чистого источника водоснабжения. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучение экологического состояния окружающей среды в административных округах Москвы;
2. Проведение качественной оценки материалов трубопроводной системы города;
3. Осуществление отбора проб воды в административных округах столицы;
4. Проведение качественного и количественного химического анализа водопроводной воды;
5. Проведение обработки собранных данных по качеству воды;
6. Сравнение водопроводной воды столицы с регионами Российской Федерации.

Гипотеза исследования: предположительно, воды из артезианских источников будут обладать наибольшим качеством в сравнении с водами из рек.

## **2. Эколого-техническая характеристика водопроводной системы Москвы**

### **2.1. Нормативные документы**

Для обеспечения качества воды в водоисточниках и системах водопотребления используется ряд нормативных документов, основанных на значениях предельно допустимых концентраций (ПДК) [2]. Основными нормативными актами и документами в области использования и охраны водных ресурсов являются:

1. ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством».
2. ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора».
3. «Санитарные нормы предельно-допустимого содержания вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования» СанПиН 42-121-4130-88.
4. «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения». СанПиН 4630-88
5. «Водный кодекс РФ», 1997 год

### **2.2. Система водоснабжения города**

Для установки точек и проведения отбора проб воды была изучена водопроводная система города, сроки ввода определенных участков в эксплуатацию и периоды реновации труб [1]. На основе информации АО «Мосводоканал» были изучены данные о источниках водозабора в водопроводную систему. На рис. 1. представлена картосхема водоснабжения столицы с указанием источника для забора воды.



Рис. 1. Схема водоснабжения г. Москвы

На основе анализа картосхемы по водоснабжению столицы, было выявлено три источника водозабора – реки Москва и Волга, снабжающие около 80 % граждан, и артезианские воды, приуроченные к Троицкому и Новомосковскому административным районам. Важным фактором, влияющим на качество водных ресурсов, является время ввода в эксплуатацию и дальнейшую реновацию труб водоснабжения. В таблице 1 приведены данные о начальных сроках использования водопровода и источники водозабора.

Таблица 1. Параметры системы водоснабжения столицы




Наименование АО	Год ввода в эксплуатацию	Год реновации	Источник водозабора
ВАО	1937	ежегодно	Волга
ЗелАО	1961	ежегодно	Москва река
ЗАО	1964	ежегодно	Москва река
НОВОМОСКОВСКИЙ	НАЧАЛО СТРОИТЕЛЬСТВА 2015	-	Артезианские источники
САО	1952	ежегодно	Волга
СВАО	1952	ежегодно	Волга
СЗАО	1952	ежегодно	Волга
ТРОИЦКИЙ	НАЧАЛО СТРОИТЕЛЬСТВА 2015	-	Артезианские источники
ЦАО	1860	ежегодно	Москва река
			Волга
ЮАО	1972	ежегодно	Москва река
ЮВАО	1972	ежегодно	Москва река
ЮЗАО	1972	ежегодно	Москва река

На основе анализа табличных данных о времени ввода в эксплуатацию технических сооружений прослеживается, что в Центральном и Восточном административных округах был заложен самый ранний водопровод. Участки водопровода в селитебных и зонах Новомосковском и Троицком районах были открыты в 2019 году, остальная часть будет введена в эксплуатацию к 2025 году. Реновация системы водоснабжения осуществляется ежегодно и реализуется по определенным участкам. Административные округа, выделенные цветом в таблице 1, вошли в охват исследования, таким образом, что три АО привязан к определенному (разному) источнику водоснабжения. Центральный АО был выбран как самый ранний по строительству трубопровода и наличию двух источников для забора воды.

### 3. Методика и результаты исследования

Изучение гидрохимических показателей водопроводной воды в АО осуществлялось при помощи приборов, тест систем и химических реактивов, представленных в таблице 2.

Таблица 2. Лабораторное оборудование

Тест-системы «Christmas»	Реактивы «Christmas»	Оборудование
Хромат	Сульфаты	Нитрат-тестер «TDS»
Сульфид	Хлориды	Термометр «HANNA»
Никель	Карбонаты	pH-метра «рOMETER ATC»
Медь	Гидрокарбонаты	Солемер «TDS meter (hold)»
Железо общее	Аммоний	
Железо 2 валентное	Алюминий	
Аммиак		
Активный хлор		
Нитриты		
		

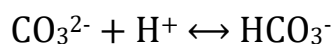
Порядок проведения химических анализов для всех, вышеперечисленных, элементов приблизительно одинаковый, поэтому рассмотрим общую методику проведения анализа:

- 1) Перед началом контроля содержания вещества необходимо предварительно определить значение рН анализируемой пробы, поскольку при рН выше 5 необходимо использовать дополнительный реагент. 11
- 2) Извлечь индикаторный элемент (индикаторную полоску) из защитного пакета.
- 3) Отрезать от индикаторной полоски рабочий участок размером около 5x5 мм (допускается заготавливать участки индикаторной полоски заранее, но не более чем за 1 час до анализа). 4. Не снимая полимерного покрытия, опустить его в анализируемую воду на 5-10 сек. И полностью смочить рабочую часть индикаторного элемента через его незащищенную полимерным покрытием боковую часть.
- 4) Через 3 минуты сравнить окраску смоченного рабочего участка с образцами цветной контрольной шкалы.
- 5) Определить значение концентрации, соответствующее ближайшему по окраске образцу цветной контрольной шкалы – это и будет результат анализа (при промежуточной окраске – за результат следует принять соответствующий интервал концентраций). Результат анализа получают в мг/л.

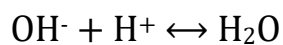
Осуществлялся отбор проб воды для химического анализа методом титрования.

Титриметрический анализ – метод количественного/массового анализа, основанный на измерении объёма раствора реактива точно известной концентрации, расходуемого для реакции с определяемым веществом. Титриметрическим методом были определены следующие вещества в воде: хлориды, свободная щелочность и общая щелочность.

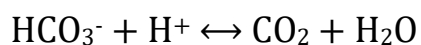
Например, метод экспресс-определения массовой концентрации карбонат-ионов основан на реакции взаимодействия хлорид-ионов:



В случае присутствия в анализируемой воде гидроксил-ионов при определении по фенолфталеину протекает реакция их нейтрализации:



Определение гидрокарбонат-ионов проводится в интервале значений водородного показателя рН свыше 4,5 и основано на реакции:



Таким образом при титровании по фенолфталеину в реакции с кислотой ионы  $\text{CO}_3^{2-}$  переходят в  $\text{HCO}_3^-$ , а при титровании по смешанному индикатору в реакции участвуют как карбонаты, уже перешедшие в гидрокарбонаты, так и гидрокарбонаты, изначально присутствующие в пробе.

Порядок применения тест-комплексов, на примере титрования карбонат-ионов (определение свободной щелочности):

1. Ополоснуть мерную склянку несколько раз анализируемой водой. Поместить в склянку объем воды 10 мл, используя пипетку-капельницу, при необходимости разбавить анализируемую пробу дистиллированной водой.
2. Добавить 3-4 капли раствора фенолфталеина из флакона-капельницы, или использовать полимерную пипетку, затем раствор перемешать.
3. Отсутствие окрашивания раствора или наличие слабо-розового цвета указывает на отсутствие в пробе карбонат-ионов и гидрокарбонат-ионов.
4. При наличии выраженного розового окраса, необходимо постепенно титровать пробу на белом фоне с помощью градусной пипетки со шприцем-дозатором раствора соляной кислоты до обесцвечивания, и определить объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину ( $V_{\text{ф}}$ , мл.).
5. В процессе добавления раствора титранта – соляной кислоты, необходимо перемешивать пробу круговыми покачиваниями.



6. Рассчитать концентрацию карбонат-ионов (свободной щелочности)  $Щ_{св}$  в ммоль/л по формуле:

$$Щ_{св} = \frac{V_{\phi} \times C \times 1000}{V_{пр}} = V_{\phi} \times 5$$

Где  $V_{\phi}$  – объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину в мл;

$C$  – точная молярная концентрация раствора соляной кислоты (0,05 моль/л);

$V_{пр}$  – объем пробы воды, взятой для анализа (10 мл);

1000 – коэффициент пересчета единиц измерений из моль в ммоль.

Колориметрия— физический метод химического анализа, основанный на определении концентрации вещества по интенсивности окраски растворов (более точно — по поглощению света растворами). Колориметрия — это метод количественного определения содержания веществ в растворах, либо визуально, либо с помощью приборов, таких как колориметры.

В каждом исследуемом административном районе было отобрано по 5 проб горячей и холодной воды в разных кварталах. Время хранения отобранных проб водопроводной воды в прохладных условиях не превышало одних суток, по установленным нормативам. Далее на базе школьной лаборатории реализовывался химический анализ водопроводной воды, затем была сформирована итоговая таблица результатов (№3), с усредненными значениями по химическим показателям.

Полученные результаты были обработаны, по химическим показателям превышающих предельно допустимую концентрацию (ПДК) были построены графики (рис №№2, 3), отражающие уровень содержания в анализируемых пробах водопроводной воды. Нормы ПДК устанавливались, на основе ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Таблица 3. Результаты химических исследований

№	Компоненты	Административные округа Москвы										ПДК
		ЦАО				ЗАО		ВАО		Новая Москва		
		Г	Х	Г	Х	Г	Х	Г	Х	Г	Х	
		Москва река		Волга		Москва река		Волга		Артезианские воды		
1	рН (ед. рН)	8,2	7,7	7,3	7,7	7,8	7,5	7,9	8,5	7,6	7,3	6 - 9
2	Минерализация (мг/л)	218	197	212	213	211	211	124	144	210	209	1000
3	Активный хлор (мг/л)	1,2	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0
4	Аллюминий(мг/л)	0,25	0,25	0,3	0,3	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,2
5	Аммиак(мг/л)	2	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	2
6	Аммоний(мг/л)	1	0	1	0,5	0	0	2,6	0,5	1	0,5	0,002
7	Гидрокарбонаты(мг/л)	290	250	310	250	80	63	377	280	79	61	не-норм.
8	Железо общее (мг/л)	0	0	30	100	0	0	0	10	30	30	0,3
9	Железо 2 (мг/л)	0	3	0	0	3	30	3	0	0	0	не-норм.
10	Карбонаты(мг/л)	1	2	3	4	3,5	3	2,8	1,5	1	1	3,3
11	Нитриты(мг/л)	3	30	30	30	10	10	30	10	30	30	100
12	Нитраты(мг/л)	281	266	277	277	275	275	165	191	265	267	45
13	Никель(мг/л)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
14	Медь(мг/л)	100	100	30	100	100	100	30	100	50	100	1
15	Сульфиды(мг/л)	0	0	0	10	0	0	10	10	0	10	0,05
16	Сульфаты(мг/л)	250	247	180	146	177	165	566	478	225	208	400
17	Фосфаты	1	0,5	0	0	0,5	1	0,5	0	0,5	0	не-норм.
18	Полифосфаты	5	1	0	0	1	5,5	0	0		0	3,5
19	Хлориды(мг/л)	240	180	195,5	135,5	188,5	124	385,5	365	110	95,5	350
20	Хроматы(мг/л)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0,05
21	Жесткость (моль/м3)	280	254	289	289	266	271	157	181	278	285	10

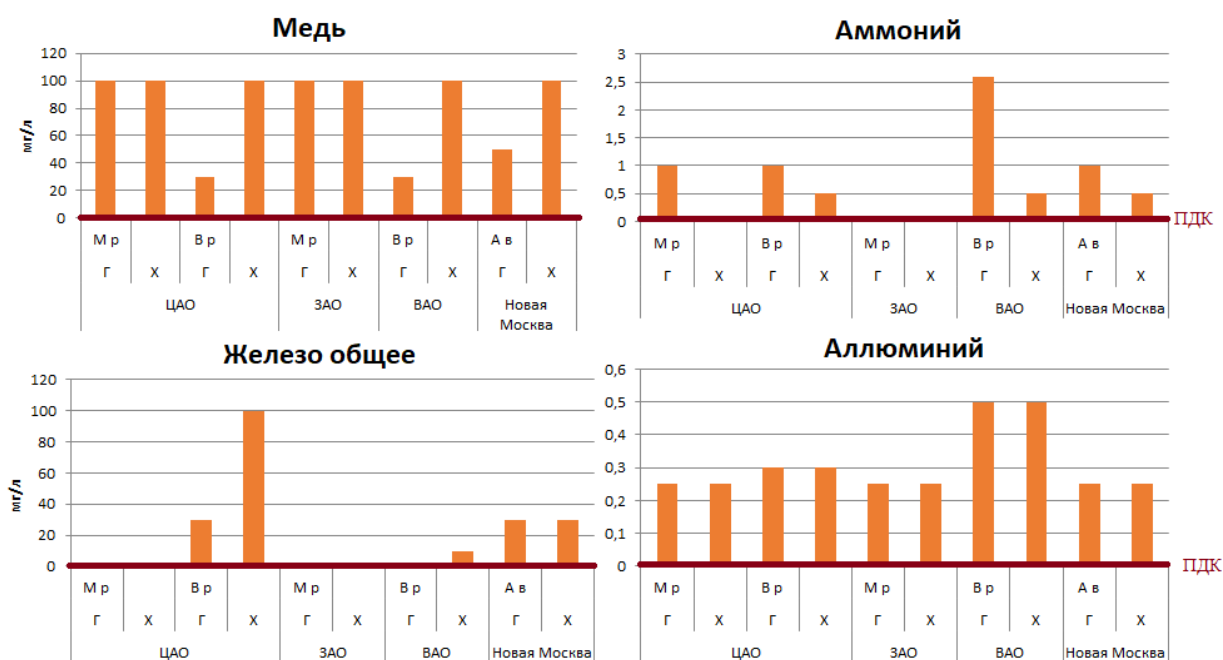


Рис. 2. Графики концентрации меди, железа общего, аммония и алюминия

Концентрация меди во всех исследуемых административных районах Москвы в горячей водопроводной воде превышает установленный норматив почти в 100 раз. Наименьшее содержание ионов вещества было зафиксировано в холодной воде отобранной в ЦАО и ВАО из реки Волга, концентрация превышена в 30 раз. Комплексные соединения хорошо растворимых в воде солей, содержащих медь, поступают из дерново-подзолистых почв из гумусового горизонта, расположенных в зонах смешанных и широколиственных лесов. В названных типах почв большой мощностью обладает гумусовый горизонт, содержащий ионы меди (около 70%). Происходит вынос растворенных масс элемента в поверхностные водотоки, и, возможно, не качественное очищение водных ресурсов, с дальнейшим попаданием в водопроводную систему.

Высокое содержание железа было зафиксировано в ЦАО, ВАО и Новой Москве в пробах с холодной водой, отобранной из Волги и артезианских вод. Самое высокое содержание железа было выявлено в холодной пробе водопроводной воды, превышающей ПДК в 100 раз. Путей поступления загрязняющего вещества в природные водотоки и водоемы несколько, путем вымывания из гумусового горизонта, аналогично комплексным соединениям

меди, а также из водных акваторий со стоячим режимом – болотные воды, в которых железо находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот, так называемое, органическое железо. Насыщенными железом являются и подземные воды в толщах юрских глин с возможными выходами водных линз на поверхность. В глинах много пирита FeS, и железо из него относительно легко переходит в воду. Бактериальное железо — продукт жизнедеятельности железобактерий (железо находится в их оболочке).

Превышение ПДК в 1-2,5 раза было зафиксировано у аммоний в горячих пробах водопроводной воды в ЦАО, ВАО и Новой Москве. Аммиак может попадать в водные объекты из-за, нарушений, связанных с процессами предварительной водообработки. Например, когда аммиак попадает за пару секунд до хлорирования в воду с целью обеспечения длительного обеззараживания.

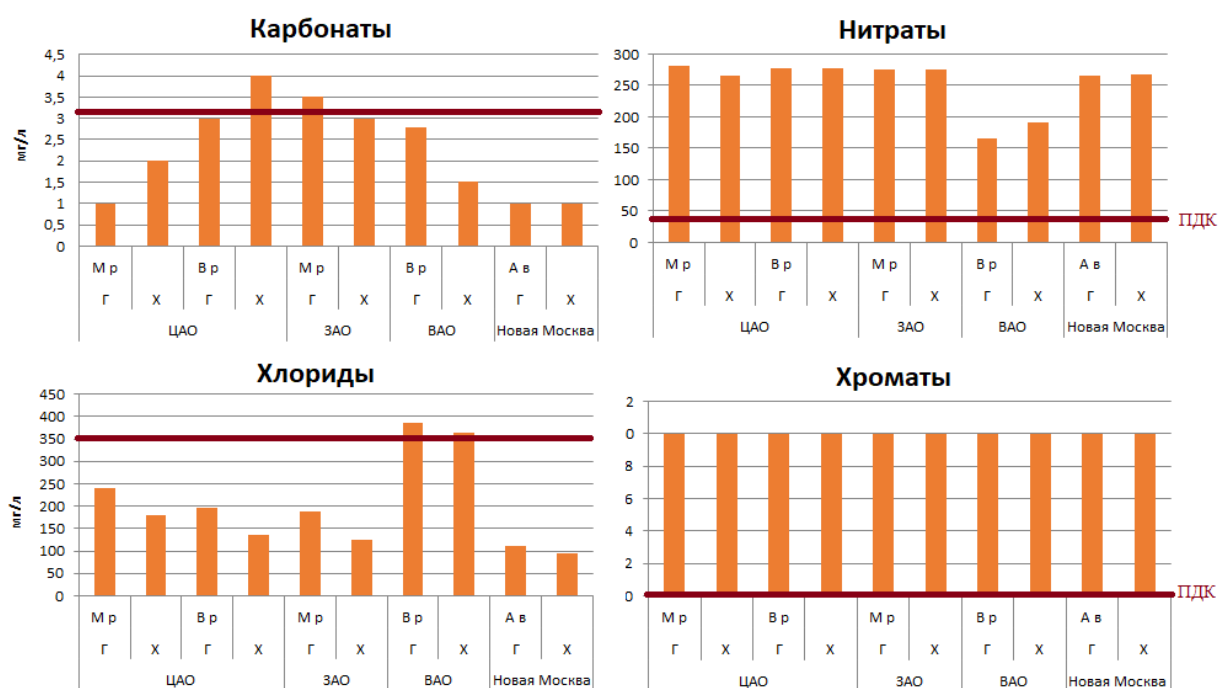


Рис. 3. Графики концентрации карбонатов, хлоридов, нитратов и хроматов

В анализируемых пробах водопроводной воды из всех исследуемых АО было установлено превышение ПДК в 3-5 раза нитратов, наименьшее содержание элемента было выявлено в ВАО. Основными источниками «поставляющими» нитраты в водотоки являются сельскохозяйственные участки,

комплексные соли просачиваются через почву и проникают в грунтовые и подземные воды, далее поступая в открытые водотоки. Устаревшие фильтры на очистных сооружениях могут не справляться с высоким содержанием нитратов в природных водах.

Во всех АО было зафиксировано превышение хроматов почти в 8 раз. Соединения, содержащие хром, могут поступать из почв, в процессе разложения организмов и растений в природные воды. Значительные количества могут поступать в водоемы со сточными водами гальванических цехов, красильных цехов текстильных предприятий, кожевенных заводов и предприятий химической промышленности.

#### **4. Вывод**

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о том, что наиболее чистым источником, снабжающим городскую водопроводную систему, является река Волга, таким образом гипотеза работы опровергнута.

Различные химические вещества в виде комплексных соединений попадают в природные воды под воздействием, как природного, так и антропогенного факторов, вещества вступают в реакции, и продолжают мигрировать. Технические водные системы, предназначенные для очистки не способны к полноценному и многоступенчатому механизму о очистки водопроводной воды, что приводит к наличию загрязняющих веществ в селитебных зонах. Попадая в организм человека, происходит накопительный эффект, который со временем может привести к серьезным последствиям.

## 5. Список литературы

1. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901798042>. – Дата обращения: 11.10.2022.
2. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб: Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200097520>. – Дата обращения: 17.10.2022.
3. Методы полевых исследований в гидрогеологии. Студенческие справочные материалы «Studwood» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studwood.ru/1217206/geografiya/gidrologiya>. – Дата обращения: 15.10.2022.
4. Методы полевых исследований в гидрогеологии. Студенческие справочные материалы «Studwood» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studwood.ru/1217206/geografiya/gidrologiya> – Дата обращения: 01.11.2021.