

Лыгин Сергей Александрович,

канд. хим. наук, доцент кафедры биологии экологии и химии;

Тебенькова Ангелина Павловна,

студентка магистратуры, 3 курс,

Бирский филиал ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»,

г. Бирск, Республика Башкортостан, Россия

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ г. УФЫ

Статья имеет прикладной характер и посвящена определению качества воды в столичном регионе Башкортостана. Предмет исследования – вода из нескольких источников.

Произведен анализ проб воды из четырех точек (разные административные районы г. Уфы); выявлено, что вода вполне приемлема для употребления.

Ключевые слова: питьевая вода, анализ питьевой воды органолептические показатели, физико-химические показатели, методы исследования качества питьевой воды.

Качество питьевой воды является одним из важных факторов, оказывающим влияние на здоровье человека. Почти все водные источники подвергаются антропогенному и техногенному воздействию разной интенсивности, поэтому вопрос о доброкачественной воде, т.е. обладающей хорошими органолептическими свойствами (вода безопасна по своему химическому составу и не служит источником инфекционных болезней), заслуживает большого внимания и приобретает актуальность на сегодняшний день [1].

Общая цель проведённой работы: исследовать органолептические и физико-химические показатели питьевой воды, а также показатели радиоактивности; выяснить, каким образом качество питьевой воды влияет на живой организм.

Географическая справка. Город Уфа расположен на берегу реки Белой, при впадении в неё рек Уфы и Дёмы, на Прибельской увалисто-волнистой равнине, в 100 км к западу от хребтов Южного Урала. Лежит в основном в междуречье рек Белой и Уфы, на Уфимском полуострове. Площадь города составляет 707,93 км². Протяженность с севера на юг 53,5 км, с запада на восток 29,8 км.



Рисунок 1 – Карта г. Уфы

Пробы воды были взяты на территории 4-х административных районов г. Уфы:

- Орджоникидзевский район;
- Октябрьский район;
- Калининский район;
- Кировский район.

Результаты исследования.

Органолептические наблюдения – это метод определения состояния водного объекта путем его непосредственного осмотра.

Определение органолептических показателей проводили в соответствии с ГОСТ 3351-74 «Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности» [2]. Результаты занесены в Таблицу 1.

Таблица 1 – Органолептические показатели проб воды из районов г. Уфы

Показатели	Результаты исследования				ПДК
	Проба №1, Орджоникидзевский район	Проба №2, Октябрьский район	Проба №3, Калининский район	Проба №4, Кировский район	
Запах	1	1	1	1	2 балла ГОСТ 3351-74
Цветность	6,1	6	5	5	20°С ГОСТ 31868-2012
Мутность	0,1	0,2	0,1	0,1	1,5 мл/дм ³ ГОСТ 3351-74
Вкуса и привкуса	2	2	1	1	2 балла ГОСТ 3351-74

Вода имеет особенность обогащаться минералами, в частности, солями магния и кальция. Их содержание влияет на показатель жесткости воды: чем больше солей магния и кальция содержится в воде, тем она жестче.

Жесткость воды может быть временной и постоянной. Временная появляется при взаимодействии дождевой воды с известняком, когда образуются двууглекислые соли магния и кальция – гидрокарбонаты. При кипении они осаждаются и образуют накипь. Вода с постоянной жесткостью содержит другие соединения магния, кальция, калия и натрия. При кипячении они не способны осаждаться, их необходимо устранить умягчением.

Доказано, что слишком мягкая вода может негативно влиять на баланс минералов в организме. Однако высокая жесткость ухудшает воду, придает ей горький вкус, оказывает негативное влияние на органы пищеварения, в организме нарушается водно-солевой баланс, у людей могут возникнуть различные аллергические реакции.

Когда жесткая вода взаимодействует с моющими средствами (стиральные порошки, мыло, шампуни), появляются «мыльные шлаки», выглядящие как пена. После высыхания эта пена остается в виде налета на коже, волосах, белье и сантехнике. Негативное воздействие подобных шлаков на организм человека проявляется в том, что они начинают разрушать естественную жировую пленку, которой покрыта кожа, забивая поры. Признаком такого негативного эффекта является характерный «скрип» чисто промытых волос или кожи. В этом случае необходимо использовать лосьоны, смягчающие средства и увлажняющие кремы.

Самым распространенным методом определения жесткости воды является *комплексометрический метод*.

Ход анализа.

50 мл анализируемой воды добавили в 250 мл коническую колбу, внесли 5 мл буферной смеси и 10-15 капель эриохрома черного (до появления вишнево-красного цвета). Содержимое колбы титруют 0,05 н. раствором трилона Б. Конец титрования определяют по появлению синего цвета.

Величину общей жесткости в анализируемой пробе воды находят по формуле (1), результаты исследования приведены в Таблице 2:

$$X = (N \times V_{\text{тр}} \times 1000) / V, \quad (1)$$

где X – общая жесткость воды, ммоль/дм³ эквивалента;

N – нормальность трилона Б, мг-экв./л;

V_{тр} – объем раствора трилона Б, пошедшего на титрование пробы, см³;

V – объем пробы воды, взятой для определения, см³.

Жесткость воды не должна превышать 7,0 ммоль/л[3].

Таблица 2 – Общая жесткость проб воды, районы г. Уфы

Показатели	Результаты исследования				ПДК
	Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №4	
Общая жесткость	4,1	5,2	5,4	4,4	<7 СанПиН 2.1.4.1074-01

В настоящее время термин «тяжёлые металлы» объединяет ряд химических элементов, обладающих определёнными химическими свойствами, а также токсичных для организма человека и довольно распространённых в природе.

В воде тяжёлые металлы обладают высокой биологической активностью, поэтому им несложно проникать в организм человека, вытеснять питательные вещества и нарушать метаболизм.

Влияние отдельных металлов на организм человека:

Медь – приводит к болезням костной системы, печени, развитию анемии.

Кобальт – приводит к развитию анемии, возникновению эндемического зоба, дефициту витамина В12.

Цинк – приводит к развитию раковых клеток.

Ртуть – приводит к головной боли, нейропсихиатрическим расстройствам, нарушениям речи, снижению активности мозга и памяти.

Свинец. Довольно распространённый рассеянный металл, находящийся как в воде, так и в почве. В результате деятельности человека свинец попадает в атмосферу в виде тетраэтилсвинца, который находится в топливе для автомобилей, и соответственно, это ядовитое соединение присутствует в автомобильном выхлопе. Из организма человека свинец устраняется довольно медленно; он накапливается в костях, что приводит к их деструкции, а также в почках и печени; что особенно опасно для детей, поскольку в случае хронического отравления это вызывает олигофрению.

Предельно допустимые концентрации свинца составляют: 0,0003 мг/дм³ в атмосферном воздухе (ПДК с.с., ГН 2.1.6.1338-03); 0,03 мг/л в питьевой воде (СанПиН 2.1.4.1075-01); 0,01 мг/л в природных водах (ГН 2.1.5.1315-03).

Кадмий. Довольно рассеянный и редкий элемент. Искусственным источником кадмия в природных водах обычно являются сточные воды рудоперерабатывающих предприятий металлургической и химической промышленности. Кадмий медленно экскретируется из организма, таким образом, его относят к числу кумулятивных и накапливающихся ядов.

Кадмиевые соединения очень токсичны, особенно пары оксида кадмия. В организме кадмий встраивается в молекулы белка, разрушая их работу. В результате центральная нервная система, печень и почки поражаются. Хроническое отравление приводит к анемии и деструкции костей, острое отравление может привести к смерти.

Предельно допустимые концентрации кадмия: 0,001 в питьевой воде (СанПиН 1074-01); 0,001 в природных водах (ГН 2.1.5.1315-03) [5].

Для *измерения массовых концентраций кадмия и свинца* в пробах воды из системы централизованного водоснабжения применялся атомно-абсорбционный спектрометр «КВАНТ-Z.ЭТА» с электротермическим атомизатором и зеемановской коррекцией фонового (неатомного) поглощения резонансного излучения.

Принцип метода: Метод измерений основан на измерении абсорбционности (оптической плотности) атомного пара определяемого элемента, получаемого при электротермической атомизации пробы в графитовой печи АА-спектрометра «КВАНТ-Z.ЭТА». На стадии атомизации происходит испарение пробы и атомизация определяемого элемента; тогда же происходит регистрация АА-сигнала. Измерения оптической плотности атомного пара производятся на резонансной спектральной линии элемента, излучаемой соответствующей лампой с полым катодом (ЛПК). Для коррекции фонового (неатомного) поглощения в АА-спектрометре «КВАНТ-Z.ЭТА» используется обратный эффект Зеемана при наложении параллельного переменного магнитного поля на аналитическую ячейку. Измеряемая оптическая плотность атомного пара определяемого элемента однозначно связана с концентрацией этого элемента в анализируемой пробе градуировочной зависимостью, определяемой в процессе градуировки. Градуировка производится, как минимум, по четырем градуировочным растворам, включая фоновый (нулевой или бланковый) раствор [4]. Результаты анализа тяжёлых металлов в отобранных пробах приведены в Таблице 3.

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в исследованных пробах

	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Нормативы ПДК СанПиН 2.1.4.1074-01
Кадмий суммарно, мг/дм	менее 0,0001	менее 0,0001	менее 0,0001	менее 0,0001	0,001
Свинец, мг/дм ³	менее 0,002	менее 0,002	менее 0,002	менее 0,002	0,03

Радон (^{222}Rn) является продуктом распада радия, в свою очередь, образующегося при радиоактивном разложении природного урана-238.

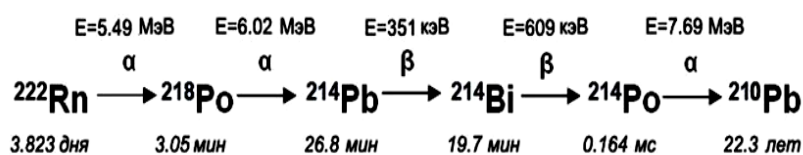
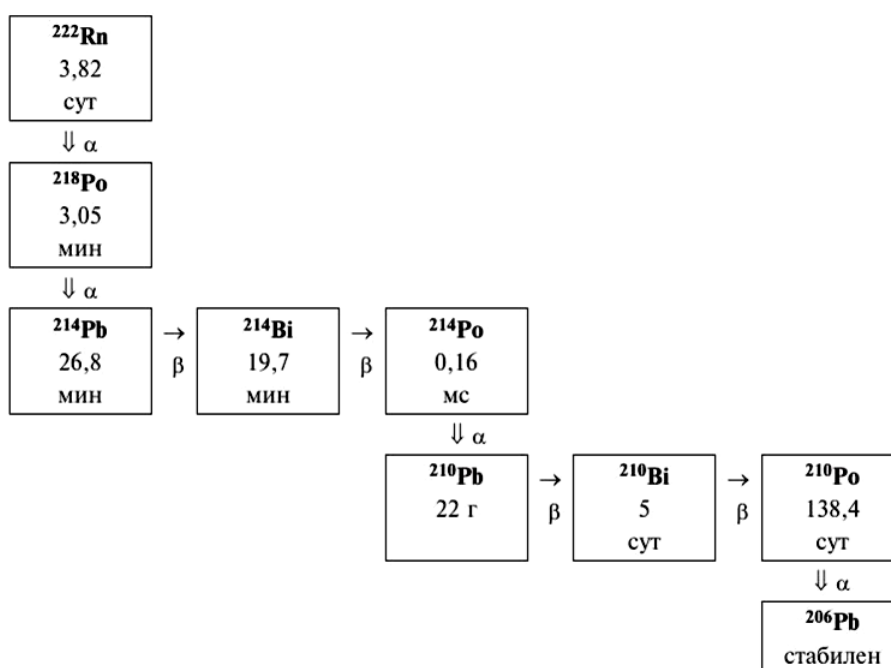


Рисунок 2 – Схема распада радона ^{222}Rn

Это радиоактивный бесцветный и без запаха газ с периодом полураспада 3,82 суток. Он в 7,5 раз тяжелее воздуха. Как видно из схемы распада (рис.2), данный газ и образующиеся короткоживущие продукты его распада являются интенсивными альфа-излучателями. Энергия альфа-частиц колеблется от 5,48 до 7,68 МэВ. Это обуславливает их активное воздействие на биологические ткани внутренних органов человека (bronхи, лёгочный эпителий и т.д.) [7].

Распад ядер радона и его дочерних изотопов в легочной ткани вызывает микроожог, поскольку вся энергия альфа-частиц поглощается практически в точке распада. При длительном поступлении радона и его продуктов в организм человека многократно возрастает риск возникновения рака легких. Также радон негативно влияет на иммунные, репродуктивные и гемопоэтические клетки, что в свою очередь может привести к потере естественной защищенности человеческого организма.

Измерение объемной активности радона.

Принцип метода. Измерения ОАР в воде основаны на использовании циркуляционного способа перевода радона вместе с воздухом из объема пробы в рабочую камеру РРА в процессе барботирования. Работа РРА основана на электростатическом осаждении ионизированных дочерних продуктов распада радона в измерительной камере на поверхность полупроводникового детектора и последующей регистрацией альфа-излучения Rn A (218Po) [6].

Отбор проб. При отборе воды пробоотборник извлекается из соответствующего отсека сумки для транспортировки. Обязательным требованием является полное заполнение пробоотборников водой.

Для отбора воды из струи используют пробоотборную воронку объемом 0,046 л (трубку), входящую в состав ПОУ. Со штуцеров пробоотборника удаляют заглушки, и на штуцер, расположенный на крышке пробоотборника, надевают соединительную трубку с воронкой, входящей в состав ПОУ. Воронку подставляют под струю воды так, как показано на рис. 3.

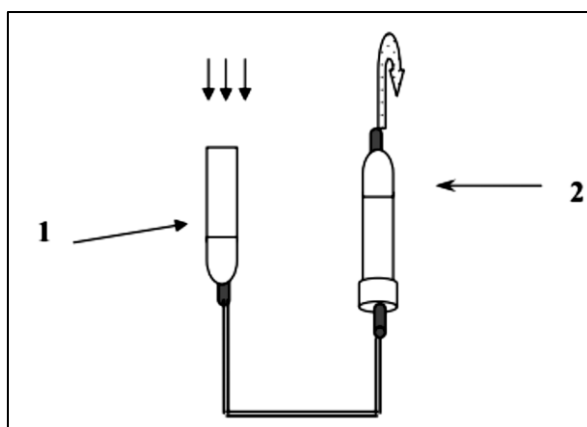


Рисунок 3 – Схема отбора воды из струи в пробоотборник

При появлении устойчивой струи из свободного штуцера пробоотборника его закрывают заглушкой, со второго штуцера снимают трубку и одевают заглушку. Отбор закончен.

Выполнение измерений: анализ воды осуществлялся с помощью радиометра РРА-01М-01, оборудованного пробоотборным устройством ПОУ-04.

В лаборатории для проведения измерений объёмной активности радона в воде собирали специальную установку (рис. 4).

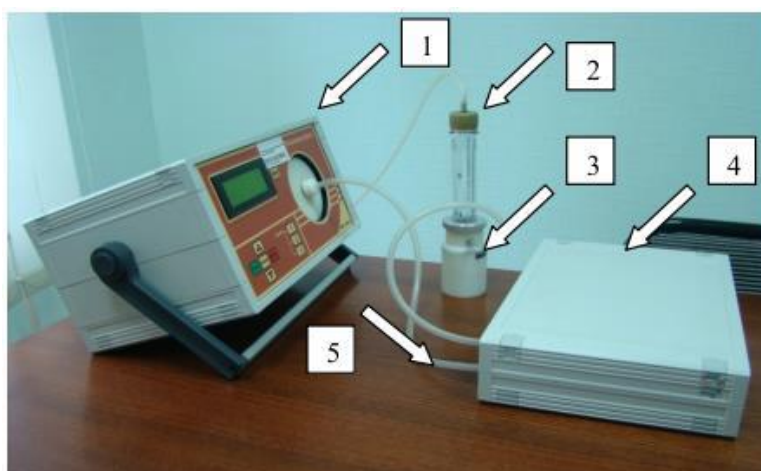


Рисунок 4 – Установка для проведения измерений объёмной активности радона в воде:

- 1 – радиометр радона; 2 – пробирка с водой; 3 – барботер;
4 – пробоотборная установка; 5 – соединительные трубки

Пробоотборная воронка с отобранной пробой воды (2) помещали в барботер (3) и фиксировали в нем с помощью уплотнительной шайбы. После снятия верхней заглушки с пробирки вода из пробирки самотёком поступала в барботер. Затем с помощью пробоотборной установки (4) создавался поток воздуха, который проходил через воду в барботере. При движении пузырьков воздуха через водный раствор возникает значительная граница раздела жидкой и газовой фаз, что способствует интенсивному высвобождению ^{222}Rn из жидкости в газовую фазу. Радон из верхней части барботера через соединительные трубки (5) поступал в измерительную камеру радиометра (1).

Длительность переноса радона из барботера в измерительную камеру радиометра в соответствии с требованиями методики составляла 5 мин.

Обработка результатов измерений.

Объёмная активность радона в подземном источнике рассчитывалась по формуле:

$$Q_{\text{п}} = \{Q \times [\alpha + (V_1 / V_2)] - [Q_{\text{ф}} \times (V_1 / V_2)]\} \times \exp(\lambda \times t), \quad (2)$$

где Q – объёмная активность радона (среднее значение по пяти пробам), Бк/л;

Q_ф – фон радиометра, Бк/м³;

V₂ – объём измерительной камеры радиометра, л;

V₁ – объём отобранной пробы воды в пробоотборник, л;

t – время, прошедшее от окончания отбора пробы воды до начала измерений, мин.;

λ – постоянная распада радона, мин.⁻¹;

α – коэффициент растворимости радона в воде.

По итогам проведённых исследований можно сделать следующий **вывод**: в соответствии с Санитарными правилами и нормами 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», вода из централизованной системы водоснабжения г. Уфы имеет благоприятные органолептические свойства, безвредна по химическому составу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству питьевой воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
2. ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности. Руководство по контролю качества питьевой воды.
3. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости.
4. ГОСТ 31870-2012 Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии (с Поправками) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200097409>
5. Тяжелые металлы в воде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ion-lab.ru/tyazhelyie-metallyi-v-vode/>

6. *Методика экспрессного измерения объемной активности радона ^{222}Rn в воде с помощью радиометра радона типа РРА. – М.: Государственная система обеспечения единства измерений, 2004.*

7. *Общие сведения о радоне и продуктах его распада [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://uchebnikfree.com/promyishlennaya-ekologiya_1441/obschie-svedeniya-radone-produktah-ego-59093.html*