

**Муниципальное бюджетное
общеобразовательное учреждение
«Средняя школа № 28»
г. Иваново
ФГБОУ ВО «Ивановский
государственный химико-
технологический университет»**

**Всероссийский конкурс юных исследователей
окружающей среды имени Б.В. Всесвятского
(с международным участием)**

**Исследовательская работа на тему:
«Применение бытового устройства для
очистки родниковой воды»**

Выполнил:
ученик 9Б класса
СШ № 28 г. Иваново
Буймов Станислав Дмитриевич

Руководитель:
к.х.н., доцент каф. ПЭ ИГХТУ
Буймова Светлана Александровна

Иваново, 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	2
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	4
1.1. Методы очистки воды в домашних условиях	4
1.2. Адсорбционные методы очистки воды.....	4
ГЛАВА 2. МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА	8
Определение органолептических показателей	8
ОБОБЩЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ	8
НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА	8
СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ	9
ГЛАВА 3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	10
3.1. Объект и результаты исследования	10
3.2. Результаты химического анализа проб родниковой воды прошедших доочистку с использованием бытового фильтра «Аквафор А5»	10
ВЫВОДЫ:	16
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	17

ВВЕДЕНИЕ

Вода практически всегда содержит примеси и растворённые вещества. Она растворяет огромное количество химических веществ, как органических, так и неорганических. Некоторые из них сами по себе не очень вредны для организма, но становятся вредными при контакте с другими, другие же полезны, но сочетания могут приносить вред, в целом несравнимый с пользой, такое явление называется сочетанным действием. Другой вид загрязнения – микробиологический (бактерии, вирусы, грибы, простейшие и т.д.), который вызывает различные заболевания. Известно, что поступление в организм с питьевой водой веществ, в концентрациях выше предельно-допустимых, может вызвать необратимые изменения в работе важнейших систем жизнедеятельности человека [1].

Незагрязнённая вода имеет огромное значение в человеческой жизни, жизни животного, растительного мира и природы в целом. Дееспособность всех живых клеток зависит от наличия воды. Исследуя то, какую роль воды играет для человека, можно увидеть, что весь наш организм является совокупностью водных растворов, коллоидов, суспензий и прочих сложных по своему составу водных систем. Вода обогащает клетки организма питательными веществами (витамины, минеральные соли) и выводит отходы жизнедеятельности (шлаки) [2].

С развитием промышленности во всем мире наблюдается загрязнение рек, озёр и других водоёмов вредными веществами, многие реки превращены в сточные каналы. Таким образом, определение показателей качества родниковых вод, оценка риска для здоровья населения от употребления родниковой воды являются чрезвычайно **актуальными задачами**. В связи с этим **целью работы** было оценить возможность применения бытового оборудования для очистки природных вод. Для выполнения поставленной цели нужно решить следующие **задачи**:

- отобрать пробы родниковой воды в г. Иваново (район городского бассейна);
- провести химический анализ образцов родниковой воды до и после применения бытового устройства для очистки (фильтр «Аквафор» со сменным модулем А5);
- сравнить контролируемые показатели качества воды с нормативными значениями;
- определить ресурс сменного картриджа для родниковой воды данного качества и дать рекомендации по использованию рассматриваемого сменного модуля для родниковой воды данного состава (частота замены);
- оценить степень очистки родниковой воды с помощью сорбционного модуля «Аквафор А5».

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Методы очистки воды в домашних условиях

Выбор способа очистки зависит от состава самой воды и имеющихся возможностей. Возникает необходимость выбора оптимального метода доочистки, с помощью которого можно эффективно уменьшить количество вредных веществ. В некоторых случаях человеку приходится использовать воду из природных источников. В этом случае на первый план выходит задача обеззараживания.

Основными методами домашней очистки воды без фильтра являются: отстаивание; кипячение; заморозка; метод дистилляции; адсорбция углём; очищение серебром [3].

1.2. Адсорбционные методы очистки воды

Адсорбционный метод очистки воды считается эффективным и экономичным методом очистки воды благодаря широкому спектру применения, простоте в эксплуатации. Данный метод также рассматривается как универсальный метод очистки и регенерации воды, поскольку он может применяться для удаления органических веществ, неорганических и биологических загрязнителей, которые являются растворимыми и нерастворимыми в воде, а также обладает потенциалом 99 % эффективности удаления. Таким образом, проблема очистки воды от растворённых в них соединений щелочных и щелочноземельных металлов актуальна и имеет важное значение для многих отраслей и аспектов жизни человека [4].

Известно, что при адсорбции хлорорганических веществ на активированном угле эффективность очистки воды достигается 90 – 95 %. Однако полностью очистить воду от хлорорганических веществ, ряд которых обладает канцерогенными свойствами, не удаётся [5]. В основе адсорбционных методов очистки воды лежит явление адсорбции из растворов — процесса концентрирования отдельных компонентов раствора (ионов и молекул) на твердой поверхности какого либо пористого материала.

Важной характеристикой любого адсорбента является его емкость. Емкость адсорбента характеризует количество примесей, которые могут быть удалены из воды одним литром или килограммом адсорбента. После «насыщения» адсорбента примесями он теряет свою адсорбционную способность. Адсорбционная способность полимерных адсорбентов может быть полностью восстановлена помощью специальных растворов. Этот процесс называется регенерацией. Регенерацию активированных углей можно провести паром, но в случае их использования для удаления органических веществ природного происхождения, этот процесс малоэффективен [6].

Исходя из емкости адсорбентов и состава исходной воды, рассчитывается «ресурс» адсорбционных установок очистки воды — т.е. то количество воды, которое может очистить установка (фильтр) до потери адсорбционной способности адсорбентов. Итак, при контакте воды с адсорбентами того или иного типа происходит корректировка состава воды,

характер и количественные показатели которой могут быть рассчитаны исходя из состава очищаемой воды и времени её контакта с адсорбентами. Этот контакт осуществляется при пропускании воды через слой адсорбента, созданный в сосуде цилиндрической формы, а сто время регулируется скоростью, протекания воды через слой адсорбента (производительностью) [6].

Активированный уголь как адсорбент

Активный уголь широко применяют в пищевой промышленности, при очистке питьевой воды, в газоочистке, в медицине и фармацевтике, в технологических процессах. В последние годы его стали использовать для рекультивации пахотных земель. Те направления применения активных углей, которые будут рассмотрены ниже, относятся к водоподготовке и газоочистке. На их долю приходится от 15 до 40 % от общего объема производимых активных углей [7].

1.3. Устройство фильтра-кувшин и принцип его действия

Строение фильтра-кувшина для воды достаточно простое. Он включает две ёмкости разных размеров, между которыми находится фильтрующий элемент.

Кувшин – это емкость для сбора очищенной жидкости. Как правило, изготавливается из высококачественного противоударного пластика и может быть объемом от 1,5 до 4 л. В кувшин вставляется специальная воронка, куда наливается вода для фильтрации. Как правило, она меньшего объема, поэтому для очистки большого количества жидкости ее следует подливать постепенно.

Главный элемент системы – картридж, который фильтрует воду. Он может быть разных видов в зависимости от типа очищающего состава. Все картриджи оснащены специальной мембраной, которая задерживает крупные элементы. Наполнение картриджей также отличается. В большинстве моделей используются классические сорбенты – активированный уголь, волокна полипропилена или ионообменная смола.

Многие картриджи оснащены механическим календарем. При установке нового фильтра введите месяц, когда произведена замена. Так вы будете контролировать длительность его эксплуатации и сможете своевременно заменить. Некоторые инновационные модели имеют встроенный электронный индикатор, который указывает на истощение ресурсов картриджа и напоминает о необходимости замены.

Фильтр сконструирован таким образом, что две жидкости никогда не смешиваются. Не переживайте, что при его наклоне неочищенная вода попадет в чашку или основной резервуар. Кувшин закрывается специальной крышкой, которая защищает воду от попадания пыли и других загрязнений.

Принцип работы

Принцип действия кувшина-фильтра для воды достаточно прост. В воронку заливается жидкость, которая проходит сквозь очищающий элемент. Отфильтрованная вода вытекает в кувшин, где и сохраняется. За счёт того, что сорбент в картридже находится в порошкообразном виде, а не в

спрессованном, процесс очистки проходит достаточно быстро, вода надолго в резервуаре не задерживается.



Рис. 1.1. Устройство фильтра-кувшин и принцип его действия
1 – неочищенная вода; 2 – верхняя часть фильтрующего картриджа;
3 – сеточка; 4 – адсорбент; 5 – очищенная вода

Верхняя часть фильтрующего картриджа имеет силиконовое уплотнительное кольцо (2), исключающее протекание нефильтрованной воды минуя картридж. Сеточка (3) в верхней части картриджа препятствует высыпанию частиц угля.

1.4. Фильтр-кувшин «Аквафор» со сменным модулем А5

Аквафор – это крупнейшее на европейском континенте химическое производство волокнистых сорбентов. Это также и единственная в масштабах всей страны экструзионная линия производства картриджей по технологии карбонблок, литье пластмассы, а также сборка фильтров для воды.

Сменный модуль «А5» для кувшин-фильтра имеет повышенный ресурс очистки в условиях загрязнённой воды. Замедление образования накипи. Очищает воду от вредных примесей, улучшает вкус и запах воды, замедляет образование известкового налета. Подходит для воды низкой и средней минерализации.

Модуль А5 состоит из активированного кокосового угля, перламутрового доломита, ионообменной смолы, включает соединения магния.

Перламутровый доломит – природный минерал, который сохраняет в воде полезный магний в оптимальных для здоровья и безопасных концентрациях.

Гранулы активированного угля, смешанные с волокном Аквален и ионообменной смолой – как губка, впитывают вредные примеси из

водопроводной воды: хлор и его соединения, нефтепродукты, другие вредные вещества.

Активированный кокосовый уголь устраняет соединения хлора и другие опасные примеси. Аквален фиксирует гранулы, чтобы вода не намывала себе “каналы” и не проходила без очистки.

Ионообменная смола нормализует минеральный состав воды, умягчает воду, снижая образование накипи.

(а)

(б)



Рис. 1.2. Кувшин-фильтр марки «Аквафор» (а);
сменный картридж «Аквафор А5» (б)

Особая конструкция модуля увеличивает ресурс до 350 литров, позволяя дольше очищать воду от хлора, хлорорганических примесей, нефтепродуктов, соединений тяжёлых металлов, фенола, и других вредных примесей.

Сорбционная смесь содержит множество компонентов, усиливающих действие друг друга: высококачественный кокосовый уголь, ионообменную смолу и запатентованный ионообменный сорбент Aqualen, селективный (избирательный) к соединениям тяжелым металлам. Активные ионы серебра надежно зафиксированы на поверхности микроволокна Aqualen, поэтому они работают на предотвращение размножения бактерий внутри модуля, но не смываются с поверхности угля в очищенную воду.

ГЛАВА 2. МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Определение органолептических показателей

Органолептические свойства – свойства воды, воспринимаемые органами чувств, к ним относятся запах, вкус, привкус, мутность и цветность. Определение органолептических показателей качества воды проводилось в соответствии с ГОСТ Р 56237-2014 [8].

Таблица 2.1

Методы определения загрязняющих веществ

Определяемый показатель	Метод измер.	Принцип метода определения	ПДК (Норма)
1	2	3	4
ОБОБЩЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ			
рН, ед.рН	потенциометрический	Содержание ионов водорода (гидроксония – H_3O^+) в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons 2 \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$. Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком: $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина рН меньше, по сравнению с летним периодом. Величина рН природных вод определяется в некоторой степени геологией водосборного бассейна. Измерение рН воды проводилось на потенциометре в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 [9].	6–9
Окисляемость перманганатная, мг O_2 /л	Титриметрический	Перманганатная окисляемость (метод Кубеля) – основана на окислении веществ, присутствующих в пробе воды, 0,01N раствором перманганата калия (KMnO_4) в сернокислой среде при кипячении (для более полного окисления). Определение перманганатной окисляемости проводилось в соответствии с ПНД Ф 14.2:4.154-99 [10].	5,0
Жесткость, мг-экв/л	Титриметрический	Общая жесткость – сумма карбонатной и некарбонатной жесткости. Карбонатная жесткость – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Некарбонатная жесткость – CaCl_2 , MgCl_2 и CaSO_4 , MgSO_4 . Временная (устраняемая) жесткость – при кипячении растворимые $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ переходят в CaCO_3 и MgCO_3 и выпадают в осадок. Постоянная жесткость – разность между общей и временной. Определение общей жесткости воды проводилось в соответствии с ГОСТ 31954-2012 [11].	(7,0)
Общая минерализация (сухой остаток), мг/л	Гравиметрический	Сухой остаток – это масса остатка, получаемого выпариванием профильтрованной воды (из водного объекта, сточной воды, вытяжки из почвы и т.д.) и высушиванием при температуре 103 – 105 °С. Величина эта приблизительно выражает суммарное количество растворенных в воде органических и неорганических (в основном минеральных) веществ. Определение общей минерализации (сухого остатка) проводилось в соответствии с ГОСТ 18164-72 [12].	1000,0
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), мг/л	Фотометрический	К анионоактивным синтетическим моющим веществам (СМВ) относятся поверхностно-активные соединения типа алкилсульфонатов и алкиларилсульфонатов (сульфанол, некаль, «миф», «аризель» и др.). Общее содержание СМВ (анионоактивных) определяют фотометрическим экстракционным методом с метиленовой синей. Определение содержания СПАВ проводилось в соответствии с ГОСТ 31857-2012 [13].	0,5
НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА			
Хлориды (Cl^-), мг/л	Титриметрический	Количественное определение (меркурометрическое) Метод основан на связывании хлорид-ионов ионами ртути (II) с образованием труднорастворимого осадка – HgCl_2 . Точку эквивалентности определяют по изменению окраски индикатора – дифенилкарбазона, который с избытком ионов ртути образует соединение фиолетовой окраски. Определение содержания хлорид-ионов в воде проводилось в соответствии с ГОСТ 4245-72 [14].	350,0

Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л	Нефелометрический	Нефелометрическое определение Этим методом пользуются для определения малых концентраций ионов SO ₄ ²⁻ . Он основан на образовании в растворе мути при добавлении раствора BaCl ₂ , обусловленной образованием трудно растворимого осадка BaSO ₄ . Интенсивность помутнения пробы пропорциональна концентрации сульфат-ионов. Определение содержания сульфат-ионов в воде проводилось в соответствии с ГОСТ 4389-72 [15].	500,0
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	Фотометрический	Метод основан на реакции нитратов с салициловым натрием в присутствии серной кислоты с образованием соли нитросалициловой кислоты, окрашенной в желтый цвет. Чувствительность метода составляет 0.1 мг/дм ³ нитратного азота. Определение содержания нитрат ионов в воде проводилось в соответствии с ГОСТ 33045-2014 [16].	45,0
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	Фотометрический	Метод основан на способности NO ₂ ⁻ диазотировать сульфаниловую кислоту и на образовании красно-фиолетового красителя диазосоединения с 1-нафтиламином. Интенсивность окраски, пропорциональна содержанию NO ₂ ⁻ . Нижний предел обнаружения – 0.003 мг/л нитритов. При содержании в воде нитритов более 0.3 мг/л пробу следует разбавлять. Определение содержания нитрит ионов в воде проводилось в соответствии с ГОСТ 33045-2014 [17].	3,3
Ион аммония (NH ₄ ⁺), мг/л	Фотометрический	Метод основан на способности NH ₄ ⁺ образовывать с реактивом Несслера соединение желто-коричневого цвета. Интенсивность окраски раствора пропорциональна массовой концентрации NH ₄ ⁺ . Нижний предел обнаружения – 0.05 мг NH ₄ ⁺ в 1 л. При содержании в воде NH ₄ ⁺ более 3 мг/л пробу нужно разбавлять. Определение содержания ионов аммония в воде проводилось в соответствии с ГОСТ 33045-2014 [18].	2,0
СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ			
Алюминий (Al ³⁺), мг/л	Фотометрический	Метод основан на способности иона Al ³⁺ образовывать с алюминоном лак оранжево-красного цвета, представляющий собой комплексное соединение. Реакция осуществляется в слабокислом растворе при pH = 4,5 в присутствии сульфата аммония в качестве стабилизатора окраски лака, которая фотометрируется при длине волны 525 – 540 нм. Предел обнаружения алюминия с доверительной вероятностью P = 0,95 составляет 0,02 мг/дм ³ при объеме пробы 25 см ³ . Диапазон измеряемых концентраций 0,04-0,56 мг/дм ³ . Определение содержания алюминия проводилось в соответствии с ГОСТ 18165-2014 [33], ПНД Ф 14.1:2:4.166-2002 [19].	0,5
Медь (Cu ²⁺), мг/л	Фотометрический	Метод основан на взаимодействии ионов Cu ²⁺ с диэтилдитиокарбаматом натрия в слабоаммиачном растворе с образованием диэтилдитиокарбамата меди, окрашенного в желто-коричневый цвет. В разбавленных растворах диэтилдитиокарбамат меди образует коллоидные растворы, для большей устойчивости которых добавляют раствор крахмала. Определение проводят при массовой концентрации меди от 0,02 до 0,5 мг/дм ³ . Определение содержания меди проводилось в соответствии с ГОСТ 4388-72 [20].	1,0
Железо (Fe _{общ}), мг/л	Фотометрический	Определение основано на реакции сульфасалициловой кислоты с солями железа в щелочной среде с образованием желтого комплекса железа. Этим способом можно определять 0,1 – 10 мг/л железа. Точность определения ± 0,1 мг/л. Определение содержания железа проводилось в соответствии с ГОСТ 4011-72 [21].	0,3
Марганец (Mn ²⁺), мг/л	Фотометрический	Для определения общего содержания всех форм марганца в природных водах используют колориметрический метод, в котором соединения марганца количественно окисляют персульфатом аммония или калия в азотнокислой среде до перманганата, имеющего розовую окраску, интенсивность которой пропорциональна концентрации марганца. Без изменения объема пробы можно определять Mn при содержании от 0,05 до 10,0 мг в 1 л. Для определения меньших концентраций пробу нужно предварительно сконцентрировать. Определение содержания марганца проводилось в соответствии с ГОСТ 4974-2014 [22].	0,1
Свинец (Pb ²⁺), мг/л	Фотометрический	ОПРЕДЕЛЕНИЕ с сульфарсазеном Метод основан на взаимодействии (при pH 7,0 – 7,3) иона Pb ²⁺ с сульфарсазеном (плюмбоном) с образованием комплексного соединения желто-оранжевого цвета. Нижний предел измерения составляет 1 мкг в объеме	0,03

	анализируемого раствора. Точность измерения – 20 %. Определение содержания свинца проводилось в соответствии с ГОСТ 18293-72 [23].	
--	--	--

ГЛАВА 3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

3.1. Объект и результаты исследования

Объектом исследования в работе были пробы родниковой воды г. Иваново (район городского бассейна). В работе использовалось устройство, основанное на адсорбционной очистке с применением сменного модуля «Аквафор А5». С помощью кувшина-фильтра и сменного модуля «Аквафор А5» было профильтровано 350 л родниковой воды с интервалом 50 л, чтобы проследить зависимость работы сменного модуля и проверить ресурс картриджа, указанный производителем.

Контроль качества воды осуществлялся по 26-ти показателям: 1) органолептическим: запах, привкус, цветность, мутность; 2) обобщенным: рН, ХПК_{KMnO4}, жёсткость, общая минерализация, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ); 3) содержанию анионов: CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- ; 4) содержанию катионов: NH_4^+ , Pb^{2+} , Al^{3+} , а также общее содержание $\text{Cu}_{\text{общ}}$, $\text{Fe}_{\text{общ}}$, $\text{Mn}_{\text{общ}}$.

Показатели контролировались по аттестованным методикам стандартными методами химического и физико-химического анализа (титриметрическим и фотометрическим) в соответствии с гигиеническими нормативами содержания веществ в питьевой воде по СанПиН 2.1.4.1074-01 [25].

Наблюдения показали, что **органолептические показатели** качества оставались одинаковыми почти на протяжении всего времени исследования. В большинстве случаев пробы родниковой воды были прозрачными, бесцветными, без осадка, не имели запаха и вкуса. Результаты **химического состава** воды питьевой, отобранной из родника г.Иваново (район городского бассейна) и прошедшие очистку с помощью фильтрующей установки «Аквафор» показали, что качество воды соответствует нормативным требованиям практически по всем показателям.

3.2. Результаты химического анализа проб родниковой воды прошедших доочистку с использованием бытового фильтра «Аквафор А5»

Известно, что **величина рН** родниковой вод является одной из основных характеристик, т.к. оказывает огромное влияние на протекание разнообразных химических процессов, а именно реакции гидролиза, комплексообразования, а также окислительно-восстановительные процессы [26]. От величины рН воды зависят формы нахождения многих элементов.

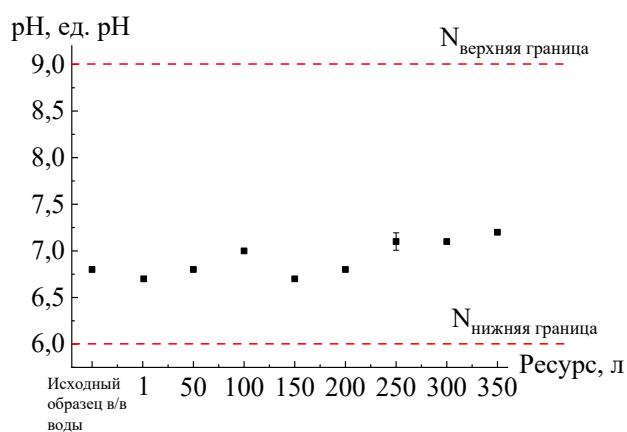


Рис. 3.1. Изменение величины рН родниковой воды

Значение водородного показателя для питьевой воды нормируется в диапазоне от 6,0 до 9,0 ед. рН [27]. Наблюдения показали, что величина рН родниковой воды, отобранной в г. Иваново (район городского бассейна) за весь период исследования не выходила за пределы нормативного значения.

Водородный показатель (рН) исходного образца родниковой воды составлял 6,8 ед. рН. Сразу после фильтрования показатель снизился на 0,1 единицу рН, затем наблюдался рост, после пропущенных через сменный модуль 100 л воды показатель увеличился на 0,2 единицы и составил 7,0 ед. рН. Наибольшее значение зафиксировано в точке 9 (350 л воды), оно составило 7,2 ед. рН.

В ходе анализа была определена величина **химического потребления кислорода**. В зависимости от применяемого окислителя различают перманганатную и бихроматную окисляемость. Нами была определена именно перманганатная окисляемость (ХПК_{KMnO4}), поскольку именно этот показатель нормируется в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 [25].

Перманганатная окисляемость – это обобщенный показатель качества воды, характеризующий суммарное содержание находящихся в пробе воды легкоокисляемых органических и минеральных веществ.

Показатель ХПК_{KMnO4} в исходной пробе составлял 1,82 мг О₂/л, что не превышает значение ПДК (5,0 мг О₂/л) в 1,2. После фильтрования первого литра воды показатель резко уменьшился и составил 0,44 мг О₂/л.

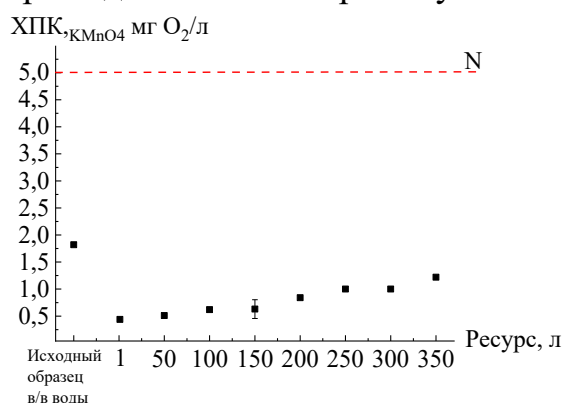


Рис. 3.2. Изменение величины ХПК_{KMnO4}

После фильтрования 50 л воды показатель составил 0,51 мг О₂/л, что составило 0,1 ПДК. Последующие две точки, показатели воды после фильтрования 100 и 150 л, составили 0,62 и 0,63 мг О₂/л соответственно, и не выходят за пределы ПДК. С 200 до 350 л воды наблюдается повышение значений, показатель не выходит за пределы ПДК.

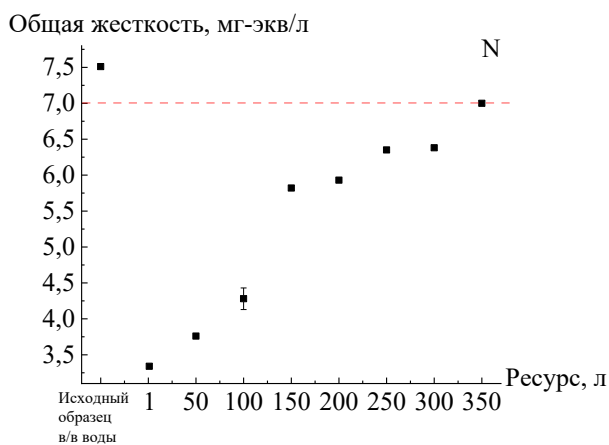


Рис. 3.3. Изменение величины общей жесткости родниковой воды до и после очистки

В пробах родниковой воды была определена величина **общей жёсткости** (рис. 3.3.), которая обусловлена присутствием растворимых и малорастворимых минеральных солей, главным образом Ca и Mg (в основном HCO_3^- , SO_4^{2-} и Cl^-). Кроме указанных, к солям жесткости относят также соли Sr, Zn и др. [28]. Показатель общей жесткости для исходного образца составлял 7,51 мг-экв/л, что превышает значение ПДК (7,0 мг-экв/л).

После доочистки с помощью фильтра «Аквафор» в первой точке (объём составил 1 л) зафиксировано меньшее значение солей жесткости (3,34 мг-экв/л), но уже начиная со второй точки (50 л) показания начинают увеличиваться, с 7 по 8 точки (250 – 300 л) значения практически не изменяются и составляют 0,9 от ПДК. Показание в точке 9 (350 л) составило 7,00, что составляет значение ПДК. Ресурс модуля выработался после 200 л воды.

Величина **общей минерализации** (сухого остатка) характеризует содержание в воде нелетучих растворенных веществ (главным образом минеральных) и органических веществ, температура кипения которых превышает 105 – 110°C. В образцах родниковой воды наименьшее показание составило 338 мг/л (точка 2, после фильтрования 1 л воды). Максимальное значение было зафиксировано в исходном образце – 754 мг/л. С 5 по 9 точки (150 – 350 л) значения практически не изменяются. На протяжении всего эксперимента значения показателя увеличиваются по мере фильтрования родниковой воды, но ни один из образцов не выходит за пределы ПДК.

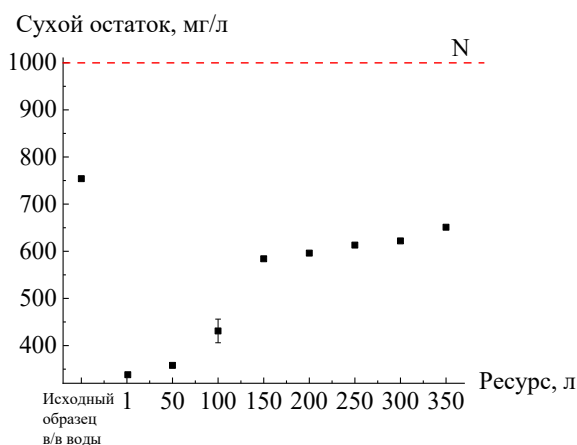


Рис. 3.4. Изменение величины сухого остатка родниковой воды

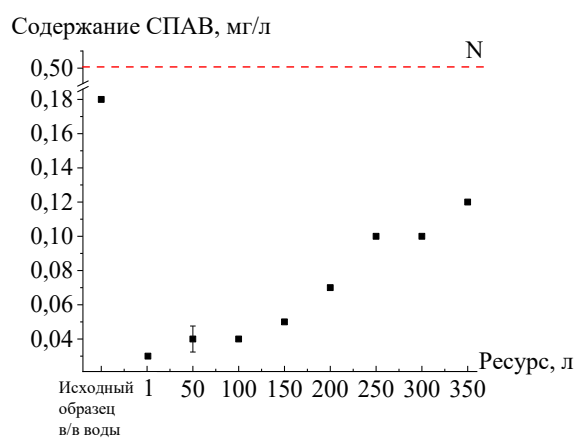


Рис. 3.5. Изменение величины СПАВ родниковой воды до и после очистки

Наблюдения показали, что в родниковой воде присутствовали и **синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)**. СПАВ – группа химических соединений, присутствие которых угрожает санитарному состоянию воды. Появляются, СПАВ в результате широкого применения в быту и в промышленности в качестве моющих средств, смачивающих, эмульгирующих, дезинфицирующих препаратов. Содержание СПАВ после пропускания 1 л воды значительно снизилось (до 0,03 мг/л), но после фильтрования 50 л воды показатель начал расти. После фильтрования 250 л показания остались практически неизменными, но были меньше по сравнению с исходным образцом (0,18 мг/л).

В ходе анализа была определена величина **хлорид-ионов (Cl⁻)**. Хлорид-ион образуется в результате растворения и сольватации ионных солей, содержащих анион хлора (хлориды).

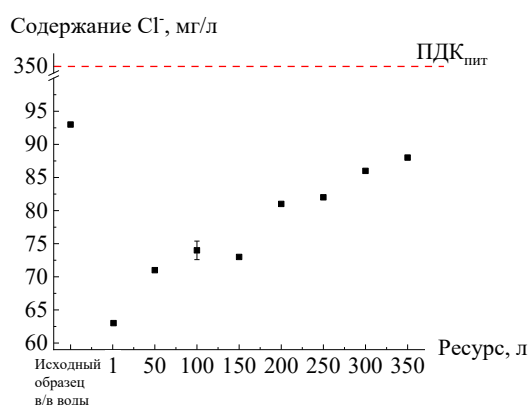


Рис. 3.6. Изменение величины Cl⁻ родниковой воды до и после очистки

Концентрация хлорид-ионов в родниковой воде после доочистки с использованием фильтра «Аквафор» уменьшалась на протяжении всего эксперимента по сравнению с исходным образцом. После пропускания 350 л воды ресурс модуля был исчерпан и показания остались практически неизменными. Минимальное значение содержания Cl⁻ составило 63 мг/л (после пропускания 1 л воды). После фильтрования 50 л воды значения показателя начали увеличиваться.

Все полученные значения не превышали ПДК. Так же в родниковой воде были определены значения **сульфат-ионов (SO₄²⁻)**.

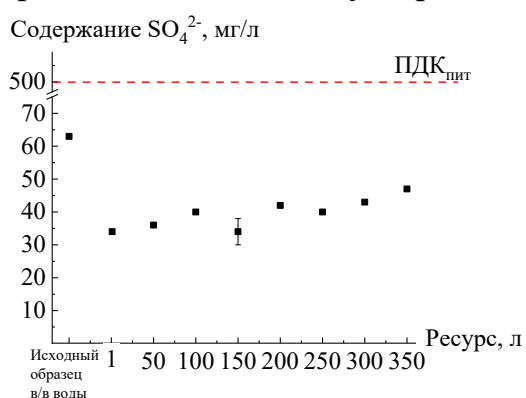


Рис. 3.7. Изменение величины SO₄²⁻ родниковой воды до и после очистки

SO₄²⁻ являются средними солями серной кислоты. Многие из подобных соединений хорошо растворимы в воде. Содержание SO₄²⁻ в исходном образце составило 63 мг/л, что не превышало норматив (500 мг/л). Минимальное значение концентрации SO₄²⁻ наблюдалось после фильтрования 1 л воды (34 мг/л). А максимальное – после фильтрования 350 л воды (47 мг/л). Во всех образцах значения содержания SO₄²⁻ не превышали ПДК.

Нитриты (нитрит-ион, NO₂⁻) — это соли азотистой кислоты. Нитриты появляются при нитрификации аммиака, образовавшегося в воде при

разложении попавших в неё органических веществ. Они практически всегда содержатся в дождевой воде и поверхностных водах.

Концентрация NO_2^- в исходном образце воды составила 0,112 мг/л, что значительно ниже ПДК (3,3 мг/л). После фильтрования 1 л воды значение NO_2^- уменьшилось и составило 0,085 мг/л. Затем значения данного показателя поочередно увеличивались и уменьшались и оставались на уровне от 0,084 до 0,087 мг/л. Значения во всех исследованных образцах не превышали ПДК.

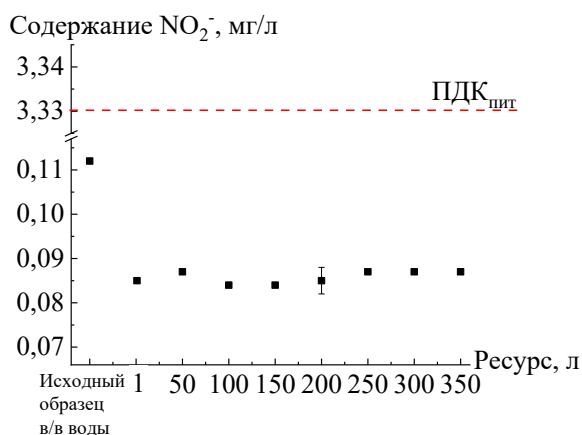


Рис. 3.8. Изменение величины NO_2^- родниковой воды до и после очистки

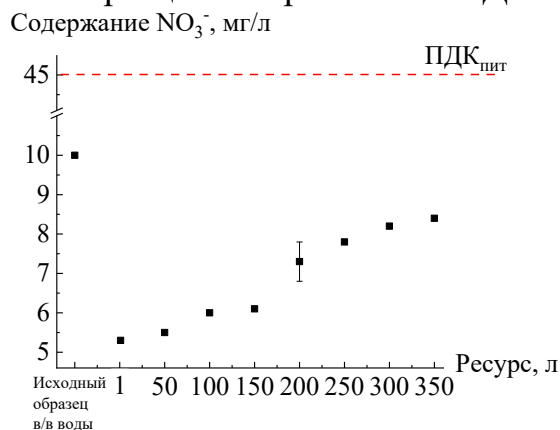


Рис. 3.9. Изменение величины NO_3^- родниковой воды до и после очистки

Кроме выше перечисленных показателей качества в родниковой воде было определено **содержание нитратов (NO_3^-)**. Отметим, что во всех рассмотренных источниках содержание NO_3^- было значительно ниже ПДК.

Концентрация NO_3^- в исходном образце составляла 10 мг/л, что значительно ниже ПДК (45 мг/л). Значения показателя для образцов после фильтрования с помощью фильтра «Аквафор» так же не выходят за пределы ПДК. Их значения уменьшаются в 2 раза после фильтрования 1 и 50 л воды по сравнению с исходным образцом. Но уже начиная с точки номер 4 (100 л) значения показателя начали увеличиваться. Концентрация NO_3^- в точке 9 (350л) составила 8,4 мг/л. В пробах родниковой воды так же было

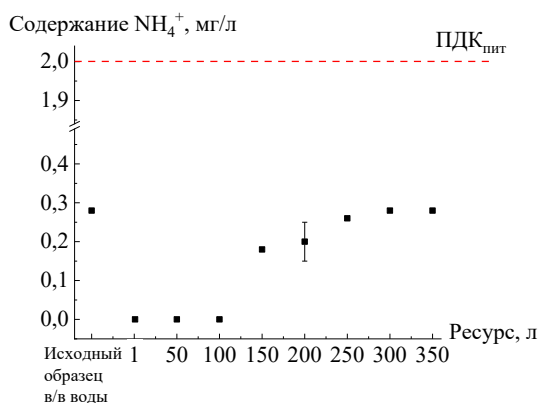


Рис. 3.10. Изменение величины NH_4^+

определено **содержание ионов аммония (NH_4^+)**. В природных водах накапливается при растворении в воде газа – аммиака (NH_3), образующегося при биохимическом распаде азотсодержащих органических соединений. Концентрация NH_4^+ не была обнаружена после при фильтровании с 1 по 100 л воды. Затем значение концентрации составило 0,18 мг/л (150л), после этого значения начали увеличиваться.

В точках 8 и 9 (300 и 350 л) значения концентрации не изменились по сравнению с исходной пробой и составили 0,28 мг/л. Все значения не превышали норматив, установленный для питьевой воды. Ресурс сменного

модуля исчерпался после 250 л воды, т.к. концентрация содержания NH_4^+ в воде оставалась на уровне равной в исходной пробе.

В родниковой воде было определено содержание ряда соединений **металлов**: меди ($\text{Cu}_{\text{общ}}$), цинка (Zn^{2+}), свинца (Pb^{2+}), алюминия (Al^{3+}), железа ($\text{Fe}_{\text{общ}}$), марганца ($\text{Mn}_{\text{общ}}$), никеля (Ni^{2+}).

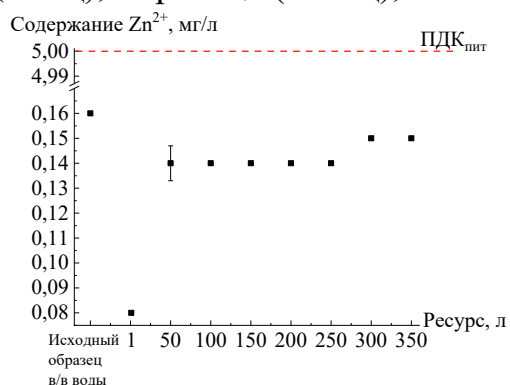


Рис. 3.11. Изменение величины Zn^{2+} родниковой воды до и после очистки

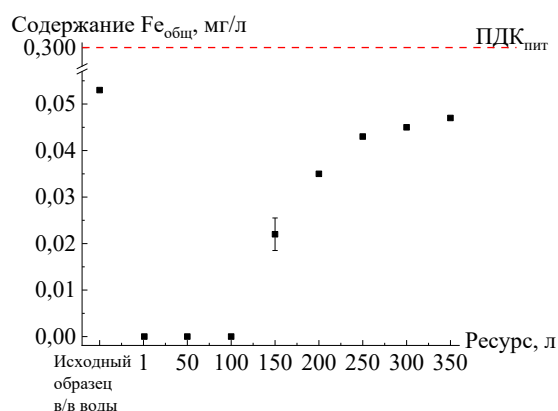


Рис. 3.12. Изменение величины $\text{Fe}_{\text{общ}}$ родниковой воды до и после очистки

Концентрация соединений Zn^{2+} уменьшилась в 2 раза после первой очистки воды и вместо 0,16 мг/л составила 0,08 мг/л. После фильтрования с 50 до 250 л воды – значения показателя были одинаковыми и составили 0,14 мг/л. В пробе, отобранной после фильтрования 300 л воды значения показателя стали практически равными исходному образцу и составили 0,15 мг/л. Ресурс сменного модуля исчерпался после фильтрования 50 л воды. Все значения не превышали ПДК.

Концентрация $\text{Fe}_{\text{общ}}$ в исходном образце составляла 0,053 мг/л, что значительно ниже ПДК (0,3 мг/л). Концентрация $\text{Fe}_{\text{общ}}$ не была обнаружена после при фильтровании с 1 по 100 л воды. Затем значение концентрации составило 0,022 мг/л (150 л), после этого значения начали увеличиваться. Максимальное значение концентрации $\text{Fe}_{\text{общ}}$ в пробах после доочистки составило 0,047 мг/л (350 л). Все значения не превышали норматив, установленный для питьевой воды.

Концентрация Ni^{2+} в исходном образце родниковой воды составила 0,013 мг/л. После фильтрования 1 и 50 л воды наблюдалось резкое снижение показателей ($3,3 \cdot 10^{-3}$ и $8,0 \cdot 10^{-3}$ мг/л соответственно). В пробе воды, отобранной после фильтрования 100 л воды, значение показателя увеличилось и составило 0,01 мг/л и оставалось неизменным до 8 точки (250 л). После фильтрования 300 до 350 л показатели находились в диапазоне от 0,011 до 0,012 мг/л и практически не изменились по сравнению с исходной пробой воды. Значения всех исследованных проб не превышали ПДК.

Соединения меди ($\text{Cu}_{\text{общ}}$), свинца (Pb^{2+}), алюминия (Al^{3+}), хрома ($\text{Cr}_{\text{общ}}$) и марганца ($\text{Mn}_{\text{общ}}$) не были обнаружены ни в одном из исследованных образцов. В расчётах эффективности доочистки эти показатели не учитывались.

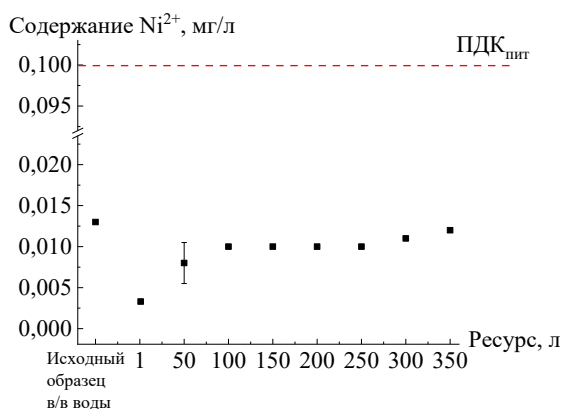


Рис. 3.13. Изменение величины Ni²⁺ родниковой воды до и после очистки

Результаты химического состава воды, отобранной из родника в г. Иваново (район городского бассейна) показали, что данные пробы воды соответствуют практически всем нормативным требованиям по контролируемым показателям. Так же результаты анализа выявили, что после применения сменного фильтрующего модульного элемента «Аквафор А5» значительно снизилось содержание

синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), а так же показатели перманганатной окисляемости ((ХПК_{KMnO4}), менее эффективно фильтр очистил образцы родниковой воды от содержаний сульфатов (SO₄²⁻).

ВЫВОДЫ:

1. Результаты химического анализа показали, что **все исследованные пробы родниковой воды, очищенные с помощью фильтра «Аквафор А5», кроме величины жёсткости, соответствовали нормативным требованиям по контролируемым показателям качества.** Величина жёсткости превышала нормативное значение в исходном образце родниковой воды в 1,07 раза, а после доочистки с применением сменного модуля «Аквафор А5» эта величина снизилась на 50 %.

2. Исследования показали, что ресурс сменного картриджа «Аквафор А5» заканчивается при пропускании 150-200 л воды. При этом наибольшая степень очистки наблюдалась при пропускании 1 – 50 л воды.

3. Степень очистки родниковой воды с помощью сорбционного модуля «Аквафор А5» составила в среднем 32 %. Максимальная степень удаления компонентов достигается для таких показателей, как СПАВ (62 %), ХПК_{KMnO4} (57 %), SO₄²⁻ (37 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дальнейшем планируется продолжить исследовательскую работу. Рассмотреть возможность применения других сменных модулей для очистки родниковой воды с учётом сезонного загрязнения (в переходный период года, когда наблюдается повышенное содержание вредных компонентов из-за интенсивного выпадения атмосферных осадков и снеготаяния). Планируется дать рекомендации по использованию конкретных типов сменных картриджей в определённые периоды года, а также провести аналогичное исследование на примере других родников (используемых жителями в питьевых целях) с другим химическим составом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: <https://vuzlit.ru> – Основные типы загрязнений и методы их управления [дата обращения 14.01.2023].
2. URL: <https://ecosoft-market.com> – Сайт «Ecosoft» – центр чистой воды [дата обращения 14.01.2023].
3. URL: <https://o-vode.net> – Как произвести очистку воды от примесей в домашних условиях [дата обращения 14.01.2023].
4. Математическое описание сорбции на модифицированной рисовой соломе / А.С.Халил, Н.С.Серпокрылов, А.С. Смоляниченко, С.В. Старовойтов // Инженерно вестник Дона. – 2018. – № 1. – С. 17-30.
5. Эффект доочистки питьевой воды методом озонирования и неполного замораживания: / Л.Ф. Королева, Н.В. Чередниченко, Д.В. Киселева, М.Г. Первова // Химия в интересах устойчивого развития. – 2009. – № 1(17). – С. 29-34.
6. URL: <https://o-vode.net> – Интернет-портал воде, видах, способах ее очистки и улучшения качества, фильтрации [дата обращения 10.02.2023].
7. URL: <https://bigenc.ru> – Большая Российская энциклопедия [дата обращения 10.10.2023].
8. ГОСТ Р 56237-2014. Вода питьевая. Отбор проб на станциях водоподготовки и в трубопроводных распределительных системах.
9. ПНД Ф 14.1:2.3:4.121-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом.
- 10.ГОСТ Р 55684-2013. Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости.
- 11.ГОСТ 31954-2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости.
- 12.ГОСТ 18164-72. Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка.
- 13.ПНД Ф 14.1:2.247-07. Количественный и химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций неионогенных синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) в пробах природных и сточных вод нефелометрическим методом.
- 14.ПНД Ф 14.1:2.111-97. Методика выполнения измерений массовой концентрации хлорид-ионов в пробах природных и очищенных сточных вод меркуриметрическим методом.
- 15.ПНД Ф 14.1:2.159-2000. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах питьевых и природных вод турбидиметрическим методом.
- 16.ПНД Ф 14.1:2.4-95. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрат-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой.
- 17.ПНД Ф 14.1:2.3-95. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрит-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса.

- 18.ПНД Ф 14.1.1-95. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера.
- 19.ПНД Ф 14.1:2.4.166-2002. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой доли алюминия в природных, очищенных сточных и питьевых водах фотометрическим методом с алюминоном.
- 20.ГОСТ 4388-72. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди.
- 21.ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа.
- 22.ГОСТ 4974-2014. Вода питьевая. Определение содержания марганца фотометрическими методами.
- 23.ГОСТ 18293-72. Вода питьевая. Методы определения содержания свинца, цинка, серебра.
- 24.ГОСТ Р 52962-2008. Вода. Методы определения содержания хрома (VI) и общего хрома.
- 25.СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
- 26.Слейбо, У. Общая химия: научное издание / У. Слейбо, Т. Персонс; Пер. с англ. Е.Л. Розенберга. – М.: Изд-во «Мир», 1979. – 550 с.
- 27.Фомин, Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам: энциклопедический справочник / Г.С. Фомин. – М.: Изд-во «Протектор», 1995. – 624 с.
Муравьев, А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / А.Г. Муравьев. – СПб.: Изд-во «Крисмас +», 1999. – 232 с.

Приложение

