

Удмуртская Республика
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
Удмуртской Республики «Лицей №14»

Объединение «Первооткрыватели природы»

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

Номинация: Юные исследователи

Исследовательская работа

**«Сравнительная оценка качества питьевой воды
и эффективности различных способов ее очистки в быту»**

Работу выполнил:
Мальцев Тимофей Юрьевич,
ученик 5 «Б» класса

Руководитель:
Константинова Анна Сергеевна,
педагог дополнительного образования ГБОУ УР «Лицей №14»;
специалист по учебно-методической работе каф.
ботаники, зоологии и биоэкологии ФГБОУ ВО «УдГУ»

Ижевск, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. Обзор литературы	4
1.1. Роль воды в жизни человека.....	4
1.2. Источники пресной питьевой воды и пути их антропогенного загрязнения	5
1.3. Особенности состава природной питьевой воды.....	6
1.4. Качество питьевой воды	7
1.5. Какую опасность для здоровья человека таит некачественная вода?	8
1.6. Способы очистки воды в природе, на станциях водоподготовки и в домашних условиях	8
1.7. Источники водоснабжения в г. Ижевске	9
ГЛАВА 2. Методика исследования	11
ГЛАВА 3. Результаты и их обсуждение	13
3.1. Результаты опроса на тему «Какую воду пьют горожане?»	13
3.2. Оценка качества питьевой воды из разных источников по некоторым химическим показателям	14
3.3. Оценка эффективности различных способов очистки водопроводной воды в домашних условиях.....	18
ВЫВОДЫ	22
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	23
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	24
Приложение	25

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Всем с детства знаком девиз «Воздух, солнце и вода – наши лучшие друзья». Для жизни человека вода, наряду с воздухом, занимает одно из важнейших мест в поддержании жизни и здоровья. А здоровье во многом зависит от качества употребляемой воды, так как некачественная или загрязненная вода может нести опасность. Особенно проблема качества питьевой воды характерна для крупных городов из-за: загрязнения поверхностных и подземных вод выбросами и сбросами от промышленной и хозяйственной деятельности человека, из-за изношенности водопроводов по которым вода подается в дома. По этой причине жители городов вынуждены использовать альтернативные источники чистой питьевой воды: родниковую, бутилированную, артезианскую воду, или очищать воду с помощью фильтров.

Целью нашего исследования было оценить качество воды, которую пьют жители Ленинского района г.Ижевска, по некоторым химическим показателям, и эффективность ее очистки в домашних условиях.

Для достижения цели решались следующие **задачи**:

1. Провести опрос на тему «Какую воду пьют жители Ленинского района?»;
2. Отобрать пробы воды для химического анализа из разных источников питьевой воды;
3. Отобрать пробы воды для химического анализа после применения разных способов очистки водопроводной воды;
4. Определить некоторые химические показатели в воде;
5. Провести сравнительный анализ полученных результатов между собой и с гигиеническими нормативами;
6. На основе полученных результатов дать рекомендации по улучшению качества воды, используемой в питьевых целях.

Объект исследований: питьевая вода.

Предмет исследования: химические показатели воды.

Методы исследования: библиографический, социологический опрос, химико-аналитические методы (потенциометрия, титриметрия, гравиметрия, фотометрия), сравнительный метод, метод математического анализа данных.

Гипотезы:

1. Качество родниковой воды лучше водопроводной.
2. Водопроводная вода требует дополнительной очистки в домашних условиях.

Проблема исследования: Безопасную ли воду употребляют жители Ленинского района? Эффективна ли очистка водопроводной воды в домашних условиях различными способами?

Практическая значимость работы: Данное исследование имеет важное значение для общества, т.к. согласно Конституции Российской Федерации «Каждый человек имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии...».

ГЛАВА 1. Обзор литературы

1.1. Роль воды в жизни человека

Вода, являясь одним из самых распространенных веществ в природе, представляет собой уникальное соединение, благодаря которому на Земле зародилась и существует жизнь и биосфера [1].

Всем с детства знаком девиз «Воздух, солнце и вода – наши лучшие друзья». Для жизни человека, вода, наряду с воздухом, занимает одно из важнейших мест в поддержании жизни и здоровья. Человек (как и любой живой организм), состоящий из воды более чем на 70%, прожить без неё может очень короткое время, не более 3-5 суток.

В зависимости от того какую роль вода выполняет в жизни человека можно выделить несколько уровней:

1. Роль воды в создании условий для жизни человека;
2. Роль воды в теле человека или физиологическая роль;
3. Роль воды для тела человека или гигиеническая роль;
4. Роль воды в деятельности человека или народнохозяйственная роль.

В природе вода океанов, морей, озёр, рек и других водоемов играет очень важную роль в создании мирового климата, а также климата той или иной местности. Вода играет одну из ключевых ролей в процессе фотосинтеза. Не будь воды, растения не могли бы перерабатывать углекислый газ в кислород, а значит - воздух был бы непригоден для дыхания [2].

Физиологическое значение воды. Вода необходима для нормального функционирования организма, так как [2; 3]:

– вода участвует в построении всех без исключения тканей. Организм взрослого человека состоит на 63–65 % из воды, то есть 40–45 литров. Чем моложе организм, тем больше в нем воды: так, в эмбриональных тканях ее содержание достигает 92–97%, у новорожденного – до 80%, а затем постепенно уменьшается с возрастом. Основная масса (около 71 %) всей воды в организме входит в состав протоплазмы клеток, составляя так называемую внутриклеточную воду. Содержание воды в организме варьирует в зависимости от органов и тканей: в головном мозге содержится 70-84% воды от всей массы органа, в почках – 82%, в сердце и легких – 79%, в мышцах – 76%, в коже – 72%, в печени – 70%, в костной ткани – 10% [4];

– вода хороший растворитель, благодаря чему она выполняет транспортную функцию. Так благодаря наличию воды кровь жидкая, а значит в ней легко растворяются кислород, питательные элементы, витамины и т.д., которые разносятся по органам и тканям организма;

– вода способствует тому, чтобы пища, которую мы едим, быстро переваривалась и усваивалась организмом;

– вода выводит шлаки и отходы из нашего организма;

– вода участвует в регулировании и поддержании температуры тела;

– вода служит в качестве смазки для наших суставов.

Чтобы обеспечить нормальное функционирование организма водой человек в день должен выпивать до 2 л воды.

Гигиеническая роль воды заключается в том, что без нее человек не смог бы поддерживать личную гигиену и чистоту вокруг себя [3].

Вода необходима **для** функционирования различных **отраслей промышленности и народного хозяйства** (сельского хозяйства, животноводства и т.д.). Вода необходима для производства электрической энергии, для теплоснабжения (центрального отопления) жилых, общественных зданий и промышленных предприятий, вода является частью производственного цикла [2].

1.2. Источники питьевой воды и пути их антропогенного загрязнения

Населением в питьевых целях используются следующие источники пресной воды, характеризующиеся специфическим составом из-за особенностей происхождения:

Атмосферные воды. Использование их с каждым годом растет в районах со значительным дефицитом ресурсов пресной воды – в среднеазиатских государствах, в государствах, расположенных в зоне пустыни Сахара и т.д [3]. Эти воды имеют обедненный химический состав. Дождевая вода насыщается химическими веществами и микроорганизмами по мере движения капель дождя через атмосферу, а также контактируя с поверхностями крыш и емкостей для хранения [5].

Подземные воды. Наиболее предпочтительны с гигиенической точки зрения, так как качество их достаточно высокое. Они могут удовлетворить потребности в питьевой воде достаточно большого контингента населения [3]. В зависимости от глубины залегания различают: верховодку, грунтовые и артезианские воды [1].

Грунтовые воды являются фундаментальным сегментом водных ресурсов Земли, они составляют около 25 % общего объёма пресной воды планеты, в то время как на долю поверхностных воды, хранящиеся в реках, озерах и почвенной влаге, приходится менее 1 % [6].

Артезианские воды представляют собой грунтовые межпластовые напорные воды. Они наиболее приемлемы с эпидемиологической точки зрения, так как водный горизонт в данном случае формируется в результате прохождения поверхностных вод большой толщи грунта. Однако эти воды, проходя через мощные пласты грунта, могут быть высокоминерализованными, то представляется зачастую весьма опасным для здоровья населения [3].

Поверхностные воды. Наиболее оптимальны *проточные водоемы (реки)*, так как у них значительно большие возможности самоочищения (разбавление и другие). Далее идут *водохранилища (полупроточные водоемы)*. *Озера* менее предпочтительны, так как они относятся к непроточным водоемам, а значит имеют меньшие возможности самоочищения. Кроме того, зачастую дебит их не обеспечивает необходимое количество воды. *Ручьи* могут быть использованы в качестве источников водоснабжения в полевых условиях или там, где

потребности в питьевой воде минимальны. *Пруды* как источники водоснабжения весьма нежелательны, так как возможности их самоочищения весьма низкие. Как правило, они содержат много органики (цветут) [7].

К основным видам *антропогенного загрязнения природных вод* относятся: химическое, биологическое, радиоактивное и механическое. Наибольший вклад в загрязнение природных вод вносят химические вещества, далее идет биологическое загрязнение (в т.ч. бактерии, вирусы, водоросли, простейшие, яйца гельминтов), и в меньшей степени воздействие оказывает тепловое загрязнение [6].

Источниками химического и/или биологического загрязнения природной воды являются [6]:

- выбросы и сбросы промышленных предприятий. Наибольший вклад вносят предприятия металлургии и машиностроения, целлюлозно-бумажная промышленность, пищевая, химическая и нефтяная промышленность. В составе выбросов и сбросов содержатся тяжелые металлы, сажа, оксиды азота, серы, органические и неорганические соединения;

- городские и частные сточные воды, захоронение твердых бытовых отходов. Они приносят в природную воду тяжелые металлы, неорганические вещества, органические загрязнители, и являются источником микробного и паразитарного заражения;

- сельскохозяйственная деятельность. Смыв и миграция удобрений, ядохимикатов, отходов животноводческих ферм и птицефабрик являются источниками загрязнения воды неорганическими и органическими веществами, а также болезнетворными микроорганизмами и паразитами;

- добыча полезных ископаемых приводит к загрязнению воды нефтью и легкорастворимыми солями, редкоземельными элементами;

- и другие (автотранспорт, дорожная соль, строительство).

1.3. Особенности состава природной питьевой воды

Подземные воды представляют собой сложную многокомпонентную систему, включающую целый комплекс неорганических и органических соединений, газов и живого вещества.

Как подземные, так и поверхностные воды имеют богатый химический состав. В зависимости от концентрации неорганических веществ в подземных и поверхностных водах выделяют **макрокомпоненты** (десятки и сотни мг/л) и **микрокомпоненты** (менее 1 мг/л). Макрокомпоненты определяют химический тип воды и, как следствие, ее основные потребительские свойства. В первую очередь, к ним следует отнести Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} и HCO_3^- . В настоящее время в воде обнаружено более 80 микроэлементов, большая их часть содержится в концентрациях менее 1 мкг/л. Кроме того, подземные и поверхностные воды всегда содержат органическое вещество, однако в последних его содержится на порядок больше. Из микроорганизмов наибольшее значение в пресных водах имеют бактерии, также встречаются микроскопические водоросли,

простейшие и вирусы. Основными газами, растворенными в воде, являются кислород, азот, углекислый газ и сероводород [1].

1.4. Качество питьевой воды

Согласно Конституции РФ «Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии ...». А так как вода жизненно необходимый ресурс для существования человека, то за качеством, особенно, питьевой воды ведется тщательный контроль. Государственный контроль за соблюдением требований качества питьевого водоснабжения в РФ, в том числе в Удмуртии, осуществляет Роспотребнадзор. В настоящее время в рамках национального проекта «Экология» принят федеральный проект «Чистая вода» (срок реализации 2018–2024 гг.), целью которого является повышение качества питьевой воды, подаваемой населению [8]. В данном проекте вводятся понятия «качественная» и «некачественная» питьевая вода.

Качество воды – это химические, физические и биологические характеристики воды, определяющие пригодность ее для конкретных видов водопользования. В настоящее время для контроля за «правильным» составом питьевой воды используется ряд нормативных документов:

– СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества;

– СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников;

– СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества и другие.

Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам и она должна быть безопасной:

1. в эпидемическом отношении, т.е. соответствовать нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям;

2. в радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства;

Все показатели качества воды можно разделить на органолептические, химические и микробиологические.

Органолептические показатели включают в себя запах, вкус и привкус, цветность, мутность воды.

Химические показатели: *окисляемость* характеризует содержание в воде загрязнителей, которые способны окисляться при определенных условиях; *водородный показатель* (рН) определяется количественным соотношением в воде ионов H^+ и OH^- , образующихся при диссоциации воды; *жесткость* – свойство воды, связанное с содержанием в ней растворённых солей щёлочноземельных металлов – кальция и магния; *минерализация* (сухой остаток) – показатель, характеризующий количество растворённых неорганических и органических веществ. Содержание *хлоридов, сульфатов, нитратов, нитритов,*

карбонатов и гидрокарбонатов, железа, и микроэлементов (фтора, бора, йода и т.д.), присутствие которых обусловлено процессами растворения горных пород.

К **микробиологическим** показателям относятся: общее микробное число, содержание бактерий группы кишечной палочки, содержание вирусов, паразитирующих на бактериях (колифаги), споры сульфатредуцирующих клостридий и цисты лямблий.

1.5. Какую опасность для здоровья человека таит некачественная вода?

Употребление некачественной питьевой воды может вызвать инфекционные и неинфекционные заболевания [4]. К инфекционным заболеваниям, возникающим по причине не соответствия питьевой воды по микробиологическим показателям, относятся: кишечные инфекции (дизентерия, брюшной тиф); антропозоозы (чума, сибирская язва); вирусные инфекции (вирусные гепатиты, полиомиелит, менингит); гельминтозы [4].

К заболеваниям неинфекционной природы, вызванным высоким или наоборот низким содержанием в воде химических элементов, относятся: *флюороз* при высоком содержании фтора или *кариес* – при низком; *токсический цианоз* при высоком содержании нитратов; *мочекаменная болезнь*, связанная главным образом с высокой жесткостью воды и повышенной минерализацией; *эндемичный зоб* возникает при низком содержании в воде йода; *отравления*, вызванные воздействием солей тяжелых металлов, пестицидов, органических веществ, радиоактивных изотопов.

Именно поэтому службы по надзору, а также организации осуществляющие подачу питьевой воды в централизованную систему (в Ижевске это Ижводоканал) должны тщательно следить за ее качеством.

1.6. Способы очистки воды в природе, на станциях водоподготовки и в домашних условиях

В природе вода постоянно **самоочищается** за счет естественных процессов окисления, восстановления, осаждения, за счет жизнедеятельности живых организмов. Осадки, просачиваясь через толщи пород, одновременно очищаются, обеззараживаются, обогащаются жизненно важными микроэлементами.

Перед тем как природная вода попадет в дома по централизованному водопроводу она проходит несколько этапов очистки в специальных учреждениях, в Ижевске это «ИжВодоканал» (рис.1). Для этого забранная из водохранилища или реки вода по системе водопроводов поступает на **станцию водоподготовки**. Здесь она отстаивается, обрабатывается реагентами, фильтруется, обеззараживается с помощью хлора и его соединений, и главное проходит тщательный контроль по принятым нормативам перед подачей в водопровод. Чтобы вода соответствовала санитарным нормам, постоянно следит Центр аналитического контроля вод «Ижводоканала». Только при их положительном заключении питьевая вода подается потребителям. Качество

воды контролируют на всех стадиях очистки. Несколько раз в смену производственная лаборатория проводит анализ проб воды. При необходимости корректирует схему подачи реагентов [9].

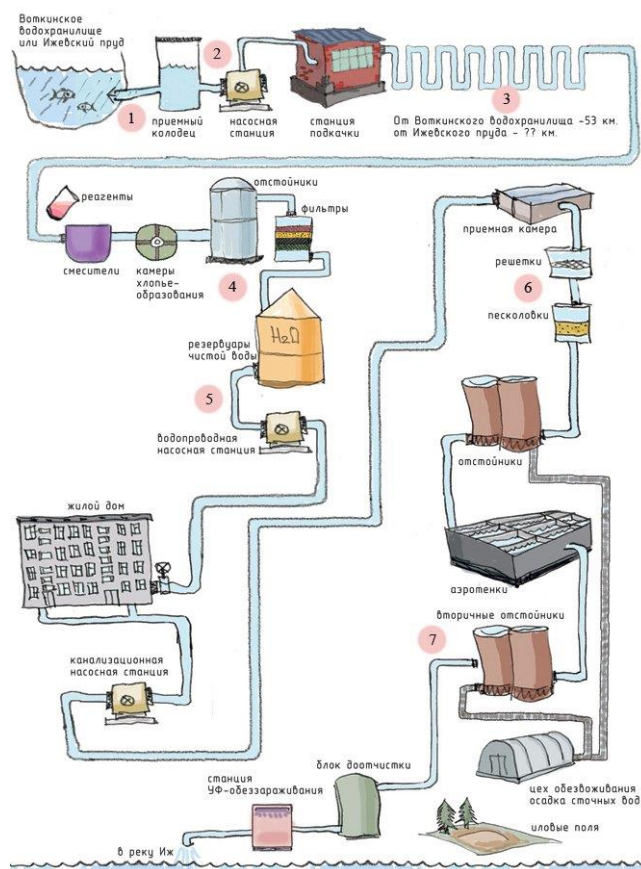


Рис.1. Схема водоподготовки природной воды до подачи в водопровод и очистки сточных коммунально-бытовых вод после потребления до сброса [9]

Так как, проходя через изношенный водопровод, вода может вновь загрязниться и потерять качество можно проводить доочистку воды в домашних условиях с применением следующих наиболее распространенных способов:

- кипячение воды, при котором происходит осаждение солей жесткости (главным образом кальция и магния), оксидов железа, и обеззараживание воды;
- отстаивание воды, при котором оседают твердые нерастворимые частицы, улетучивается хлор;
- фильтрование, которое не только очищает воду от избыточного содержания веществ, но и обогащает ее необходимыми для здоровья микроэлементами. В настоящее время на рынке представлен большой выбор фильтров разных марок: это и фильтры-кувшины, и проточные фильтры, устанавливаемые под мойкой.

1.7. Источники водоснабжения в г. Ижевске

Население г. Ижевска получает питьевую воду из централизованных и нецентрализованных источников водоснабжения.

Воду, которая бежит из кранов в наших квартирах, берут из открытых источников: Ижевского пруда (ее пьют в Ленинском, частично Октябрьском и Первомайском районах) и Воткинского водохранилища (вода поступает в Индустриальный, Устиновский, частично Октябрьский и Первомайский районы) [9]. В водохранилищах проложены огромные трубы. На каждой из них - водоприемные оголовки, защищающие от попадания в трубу рыб и мусора. Состояние труб раз в два года проверяют водолазы. По трубам вода самотеком переходит в колодец, а уже оттуда мощные насосы качают воду день и ночь, направляя ее по трубам на станцию водоподготовки «Ижводоканала» (всего таких станций две - «Кама-Ижевск» и «Пруд-Ижевск»). Здесь ее очищают, подготавливают до состояния хозяйственно-питьевой, и только потом отправляют в распределительную сеть и в дома (рис.1) [9].

К нецентрализованному водоснабжению относятся колодцы, скважины и родники, которые питаются подземными водами. Значительная территория г. Ижевска занята частным сектором, водоснабжение жителей которого осуществляется из колодцев, артезианских скважин или собственных скважин, расположенных на участке. Также в качестве альтернативного источника питьевой воды у горожан пользуются популярностью родники. Удмуртия является родниковым краем. Так, только на территории Ижевска функционирует 63 родника [10]. В работе М.А. Исаева [11] указывается, что качественные характеристики родников заметно улучшаются в направлении от центральной части Ижевска к его окраинам. Важно отметить, так как родники не являются источником централизованного водоснабжения, то постоянный контроль за качеством воды в них Роспотребнадзор не осуществляет. Но, периодически по заявке жителей города вода из наиболее популярных родников проверяется по химическим и микробиологическим параметрам на соответствие нормативам.

ГЛАВА 2. Методика исследования

Объектом исследования является вода из разных источников, которую жители Ленинского района используют в питьевых целях. **Предметом исследования** являются некоторые химические показатели воды.

Исследование проводилось в марте и октябре 2023 г. и состояло из 3 этапов:

На 1 этапе (март 2023 г.) мы проводили **опрос горожан** на тему «Какую воду Вы пьете?». Всего опрошено 100 жителей, проживающих в западной части Ленинского района г. Ижевска (городок Строитель, микрорайон Малиновая гора).

На 2 этапе (март 2023 г.) мы определили **химический состав воды из 5 наиболее популярных источников**: водопроводная вода централизованного водоснабжения; покупная на разлив артезианская вода их киоска «Серебряные ключи»; 3 родника (на ул. Заречное шоссе, на Малиновой горе, в пос. Шунды) (Приложение 1, Карта-схема отбора проб родниковой воды; [10]). Пробы воды на анализ отбирались трижды в течение первой половины марта с интервалом 5 дней. Всего исследовано 15 проб воды, по 3 повторности из каждого источника.

На 3 этапе (октябрь 2023 г.) мы определили **химический состав водопроводной воды, прошедшей очистку** 3 наиболее популярными среди населения способами: 1. кипячение; 2. водопроводная вода, прошедшая через фильтрующий модуль кувшинного фильтра; 3. водопроводная вода, прошедшая через трехступенчатую систему очистки проточного фильтра. Также на этом этапе исследовалась эффективность очистки воды этими фильтрами в зависимости от срока их эксплуатации. В итоге исследовано 5 разных вариантов по три повторности в каждом, т.е. 15 проб воды. В качестве контроля выступала водопроводная вода.

Отбор проб и их химический анализ. Пробы воды отбирались в стеклянные литровые банки, закрывались полиэтиленовыми крышками и убирались в светозащищенный контейнер в соответствии с требованиями, предъявляемыми к отбору проб по ГОСТ 31861-2012. В день отбора и на следующий день, т.к. пробы без консервирования долго не хранятся, пробы воды подвергались химическому анализу в Лаборатории прикладной экологии ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» под руководством А.С. Константиновой, а также в химической лаборатории Регионального образовательного центра одаренных детей «ТАУ» под руководством И.А. Глушко.

В пробах воды мы определяли следующие показатели:

1. Водородный показатель воды (рН) измеряли потенциометрическим методом по РД 52.24.495-2017 на приборе Ионмер И-160. Данным методом мы измеряем концентрацию ионов водорода (H^+) в растворе через преобразование в числовое значение разницы потенциала, возникающего в электродной системе, состоящей из 2 электродов (хлорсеребряного, имеющего постоянный потенциал, и измерительного, потенциал которого зависит от концентрации ионов водорода в растворе).

2. Массовую концентрацию сухого остатка измеряли гравиметрическим (весовым) методом с помощью весов лабораторных специального класса точности по ПНД Ф 14.1:2:4.114-97. Гравиметрический метод определения основан на взвешивании сухого остатка, полученного при выпаривании определенного объема пробы исследуемой воды и высушенного при температуре $105 \pm 2^\circ\text{C}$.

3. Общую жесткость воды определяли методом титрования, в основе которого лежит комплексометрический метод, согласно ГОСТ 31954–2012. Определяя жесткость воды, мы определяем главным образом содержание, находящихся в воде, кальция и магния. Метод состоит из последовательного добавления к 100 мл воды 5 мл аммиачного буферного раствора для создания щелочной среды ($\text{pH}=9-10$), т.к. только в такой среде возможно протекание реакции, и сухой смеси индикатора эриохрома черного на кончике шпателя. Как следствие раствор окрашивается в красно-фиолетовый цвет. Затем раствор титруют Трилоном Б до смены окраски на синий цвет. Так, мы узнаем какой объем раствора Трилона Б пошло на титрование пробы и далее общую жесткость рассчитываем по формуле.

4. Массовую концентрацию хлоридов в воде определяли потенциометрическим методом с ионоселективным электродом по РД 52.24.361-2008. Выполнение измерений основано на изменении потенциала ионселективного электрода в зависимости от активности хлорид-ионов в растворе. Измерения проводят в присутствии электролита. Концентрацию хлоридов в пробе находят по градуировочному графику и пересчитывают по формуле. Для определения ионов хлора этим методом отбирали 25 мл воды и добавляли к ней пипеткой 5 мл электролита и проводили измерение на Ионемере.

5. Концентрации ионов калия и натрия в воде определяли методом пламенной фотометрии по РД 52.24.391-2008 на приборе пламенный фотометр ПФА-22. Метод определения достаточно прост и быстр. Сущность заключается в том, что вода поступает через капилляр в прибор и попадает сразу в пламя, из-за высокой температуры которого молекулы воды и растворенные в ней вещества сразу же распадаются на атомы, которые поглощают пучок свет, идущий через пламя. Как следствие интенсивность света падает и преобразуется в числовые значения, которые показывает прибор.

По результатам исследования была проведена математическая обработка полученных данных и построены графики в программе Excel. Для математической обработки результатов исследования был использован пакет «Описательная статистика» в Excel. Полученные значения показателей сравнивались с нормативами, предъявляемыми к качеству питьевой воды: нецентрализованного водоснабжения СанПиН 2.1.4.1175-02, централизованного водоснабжения СанПиН 2.1.4.1074-01 и нормативов, предъявляемых к питьевой расфасованной воде СанПин 2.1.4.1116-02.

ГЛАВА 3. Результаты и их обсуждение

Ленинский район занимает всю западную и южную часть территории г. Ижевска. Он располагается на правом берегу Ижевского водохранилища и является одним из самых старых и больших районов. Большая часть его территории занята частным сектором (район Татар-базара и Малиновой горы), но в последние 30 лет ведется интенсивная застройка района многоквартирными домами (особенно в гор. Строитель, Машиностроитель, район ж/д вокзала и Малиновой горы). Питательная вода поступает в дома двумя путями: по централизованному водопроводу из Ижевского пруда, пройдя многоступенчатую очистку на Ижводоканале, и нецентрализованно из частных скважин, колодцев.

Я живу в гор. Строитель. Это самая застроенная многоквартирными домами часть Ленинского района. Так как район старый и начал интенсивно застраиваться еще в 1975-е годы, а затем в 1993–1997 гг., то и водопровод за это время значительно износился и как говорят «зарос». Поэтому вода, изначально очищенная на ИжВодоканале и соответствующая всем санитарно-гигиеническим требованиям, пройдя от станции подачи воды десятки километров водопровода может значительно загрязниться продуктами коррозии труб и микроорганизмами. Именно, поэтому жители города скептически относятся к качеству водопроводной воды и прибегают к альтернативным источникам питьевой воды. И это послужило основной причиной почему мы решили оценить качество потребляемой жителями Ленинского района воды по некоторым химическим показателям.

3.1. Результаты опроса на тему «Какую воду пьют горожане?»

В начале исследования чтобы понять какую воду взять для анализа мы провели опрос жителей Ленинского района г. Ижевска с целью выяснить какую воду они предпочитают использовать в питьевых целях.

В опросе приняли участие 100 человек в возрасте 25–65 лет. Им было предложено ответить на вопрос (вариантов ответа может быть несколько):

Какую воду пьете вы?

- А. Водопроводную
- В. Кипяченую водопроводную
- С. Водопроводную, очищенную с помощью фильтра-кувшина
- Д. Водопроводную, очищенную с помощью проточного фильтра
- Е. Покупаю в бутылках или бутылках
- Г. Из собственной скважины, из колодца
- Г. Покупаю воду в автоматических киосках «Серебряные ключи», «Водица» и др.
- Н. Родниковую

По результатам опроса (рис.2) мы выяснили, что большая часть (68 чел. из 100) использует в питьевых целях водопроводную воду, но прошедшую очистку с помощью различных фильтров. У 65 % из них дома установлен проточный фильтр с многоступенчатой системой очистки, а 35 % - используют кувшинный фильтр. 19 человек из 100 пьют водопроводную воду после

кипячения и всего 2 человека пьют воду сразу из-под крана.

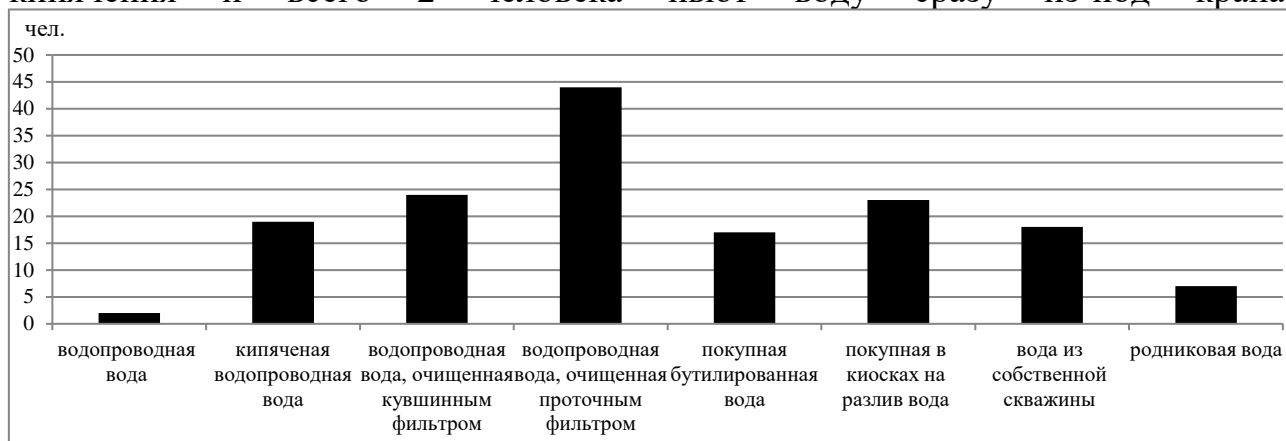


Рис. 2. Результаты опроса горожан на вопрос «Какую воду Вы пьете?»

Как оказалось большая часть опрошенных использует в питьевых целях несколько источников: большинство готовят пищу на воде из-под крана, а для питья используют профильтрованную, покупную или родниковую воду. Так 13 человек наряду с употреблением очищенной с помощью фильтра водопроводной воды используют для питья покупную бутилированную воду, а 20 чел. – покупную в киоске артезианскую воду. 7 человек совместно с другими источниками пьют родниковую воду.

Так как на территории гор. Строитель и Малиновой горы, на которых проживают большинство опрошенных, много частной застройки, то конечно часть опрошенных (18 из 100) пьют воду из собственных скважин, но при этом половина из них пропускают сначала воду через проточный фильтр.

3.2. Оценка качества питьевой воды из разных источников по некоторым химическим показателям

Руководствуясь результатами опроса жителей г. Ижевска (большинство их них проживает в гор. Строитель и в районе Малиновой горы Ленинского района) для исследования нами выбрано несколько вариантов воды, используемой для питья и приготовления пищи:

– Водопроводная вода из-под крана (рис. 3А);

– Вода питьевая артезианская, купленная в автоматизированном киоске «Серебряные ключи» (рис. 3Б). На сайте продавца (<https://voda18.ru/>) указана следующая информация о воде: «Вода добывается из артезианской скважины глубиной более 100 м, расположенной в лесном массиве на 7-м км Як-Бодьинского тракта. Вода проходит многоступенчатую очистку на современном высокотехнологичном оборудовании, что обеспечивает максимальную бактериологическую безопасность и стабильность химического состава воды. Вода в киоски доставляется автоцистерной из пищевой нержавеющей стали. Оборудование и емкости регулярно проходят санитарную обработку специальным дезинфицирующим средством для пищевой промышленности» (Рис. 3Б);

– Вода, отобранная на роднике во дворе д. 71 по ул. Заречное шоссе (Рис. 3В). Данный родник пользуется спросом у жителей близ расположенных многоквартирных домов;

– Вода из родника в балке на Малиновой горе в частном секторе (рис. 3Г);

– Вода из источника в пос. Шунды (рис. 3Д). Данный источник славится не только среди жителей Ленинского района, у него выстраиваются очереди. Вода нравится им по вкусовым качествам и от нее не образуется осадка в чайнике.



Рис.3. Исследованные источники питьевой воды

В пробах воды определены следующие показатели: водородный показатель, жесткость, сухой остаток, содержание калия, натрия и хлоридов.

Водородный показатель воды характеризует концентрацию свободных ионов водорода в воде. От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водных организмов, скорость протекания химических реакций, агрессивное действие воды на металлы, токсичность загрязняющих веществ. Водородный показатель или как чаще его называют кислотность мы определяли потенциометрическим методом на приборе Иономер И-160.

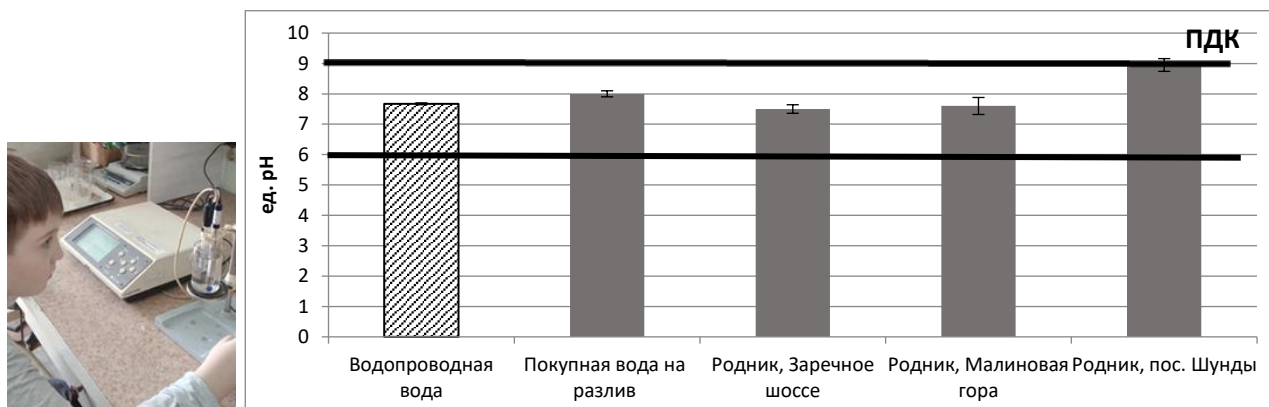


Рис. 4. Результаты определения кислотности воды из разных источников

Нами установлено, что вода из городского водопровода имеет слабощелочную реакцию среды рН=7,7 ед (рис.4). Кислотность питьевой воды из киоска «Серебряные ключи» равна 8,0 ед. и характеризуется тоже как слабощелочная. В литературе указано, что слабощелочная реакция обусловлена присутствием таких растворимых солей как гидрокарбонаты кальция и магния. Вода из различных родников подземного происхождения имеет разное значение

показателя: вода из родников по ул. Заречное шоссе и на Малиновой горе имеет также слабощелочную реакцию среды. Согласно гигиеническим требованиям, предъявляемым к качеству питьевой воды, в большинстве исследованных проб воды отмечено допустимое значение по водородному показателю равное 6–9 ед. А вода в роднике из пос. Шунды отличается щелочной реакцией среды $pH=9,0$ ед. (рис. 4), что соответствует верхней границе нормы. Поэтому в данном роднике необходимо вести периодическое наблюдение за величиной данного показателя, т.к. он может изменяться в течение года в нежелательную сторону. Из литературы (Хохлова Е.А., 2019 [12]) мы узнали, что щелочная вода в небольшом количестве до 250 мл в день даже благоприятно сказывается на состоянии здоровья при диабете, может снизить вязкость крови в случае интенсивных физических нагрузок.

Другим важным показателем качества питьевой воды является содержание растворенных солей, которое дает представление о **минерализации воды**. О величине данного показателя мы судили по количеству сухого остатка, которое обусловлено суммарным содержанием в воде растворенных минеральных солей. Основной вклад в минеральный состав вносят наиболее распространенные три аниона – HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- и три катиона – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ [13].

Согласно гигиеническим требованиям норма по показателю минерализации в воде питьевого назначения не должна превышать 1000 мг/л. Как видно из рис.5 во всех исследованных пробах воды данный норматив не превышен.

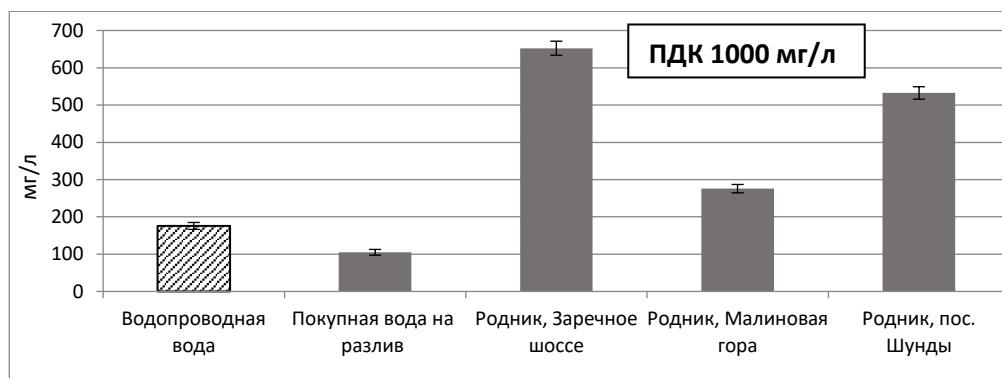


Рис.5. Содержание сухого остатка в исследованных пробах питьевой воды

В водопроводной воде общее содержание солей в среднем составляет 175,8 мг/л. Наименьшее содержание солей 105,0 мг/л выявлено в покупной воде из киоска «Серебряные ключи».

Родниковая вода по уровню общей минерализации в разных источниках значительно отличается. Наибольшее содержание солей в воде 652,5 мг/л выявлено в роднике на ул. Заречное шоссе, наименьшее 275,7 мг/л – в роднике на Малиновой горе. Из литературы я узнал, что содержание солей в подземных водах, к которым относятся родники, обусловлено химическим составом горных пород, в которых проходит водоносный горизонт и глубиной залегания [14]. Известно, что с глубиной минерализация увеличивается. Также содержание солей изменяется в течение года.

Еще качество воды мы оценивали по показателю **общей жесткости** (рис. 6).

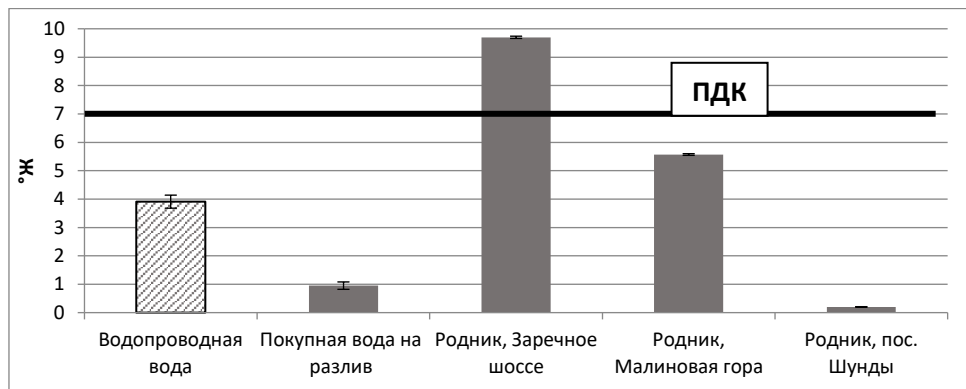


Рис.6. Результаты определения жесткости в исследуемых пробах воды

Большинство проб воды имеют значения жесткости ниже допустимого уровня равного $7 \text{ }^\circ\text{Ж}$ (рис.6). Исключение составляет проба родниковой воды, отобранной на ул. Заречное шоссе. Здесь показатель жесткости составил $9,7 \text{ }^\circ\text{Ж}$ и вода является сильножесткой, а значит не безопасной для употребления. Зная, что жесткость обусловлена присутствием в воде солей кальция и магния мы делаем вывод, что их содержание здесь велико. А значит, при кипячении такой воды будет образовываться много накипи, которая вредит работе чайника. Из литературы я узнал, что жесткая вода вызывает сыпь, перхоть, сухость, шелушение кожи. Также употребление питьевой воды с повышенной жесткостью приводит к заболеванию суставов, органов пищеварения [15].

Водопроводная вода из-под крана имеет уровень жесткости в среднем равный $3,9 \text{ }^\circ\text{Ж}$ и характеризуется как умеренно жесткая (рис.7). Артезианская вода из автомата «Серебряные ключи» характеризуется как мягкая, значение жесткости $0,95 \text{ }^\circ\text{Ж}$. Величина показателя говорит о том, что в ней мало солей кальция и магния, поэтому накипь при кипячении такой воды образовываться точно не будет. Такой же вывод можно сделать в отношении родниковой воды из пос. Шунды, которая является очень мягкой – $0,2 \text{ }^\circ\text{Ж}$. Из литературы я узнал, что не только жесткая вода негативно влияет на здоровье человека, но и постоянное употребление очень мягкой воды тоже не желательно, т.к. вода один из основных источников жизненно необходимых кальция и магния для организма. При употреблении мягкой воды с их низким содержанием может наблюдаться недостаток этих элементов. А мы знаем, например, что кальций входит в состав костей, зубов, а магнием участвует в работе сердца.

Определение **содержания хлоридов** в питьевой воде не выявило превышения допустимого норматива равного 350 мг/л (рис.7). В водопроводной воде в среднем содержится $21,3 \text{ мг/л}$ ионов хлора. По содержанию хлор-ионов в воде родники сильно отличаются: максимальное содержание $62,1 \text{ мг/л}$ выявлено на ул. Заречное шоссе, минимальное – в пос. Шунды – $2,8 \text{ мг/л}$.

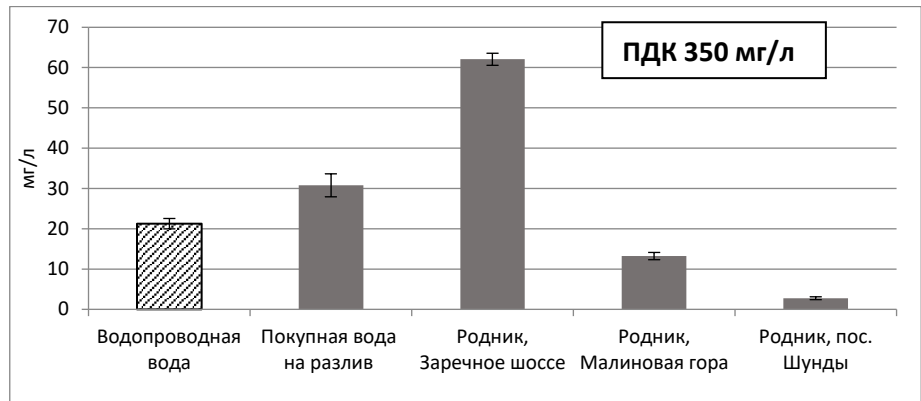


Рис. 7. Содержание хлоридов в исследованных пробах питьевой воды

Также в отобранных пробах воды определяли содержание ионов калия и натрия методом пламенной фотометрии. Результаты отражены на рис. 8.

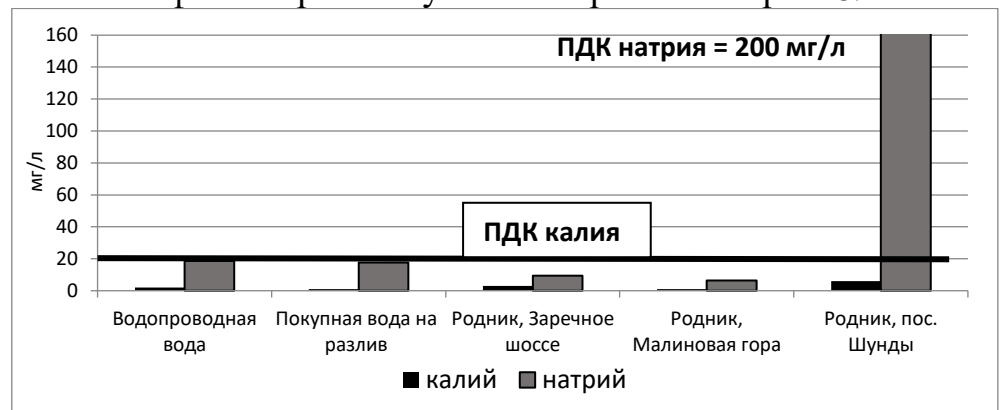


Рис.8. Содержание калия и натрия в исследованных пробах питьевой воды

Предельно-допустимая концентрация калия в питьевой воде составляет 20 мг/л. По натрию норматив установлен только для бутилированной воды и составляет 200 мг/л. Содержание калия во всех пробах питьевой воды не превышает указанные нормы и изменяется в пределах 1–6 мг/л. По содержанию натрия также не выявлено превышений нормы. Однако, обращает внимание что исследованные родники отличаются по содержанию натрия в воде (рис.8): максимальные значения выявлены в роднике из пос. Шунды – 161,5 мг/л, а минимальные в роднике на Малиновой горе – 6,5 мг/л. Из литературы я узнал, что особенно много натрия содержится в минеральной воде (больше 200 мг/л). Родниковые же воды не относятся к минеральным. Но можно заключить, что натрий придает воде вкус, и это еще одна из причин почему вода из пос. Шунды нравится жителям.

3.3. Оценка эффективности различных способов очистки водопроводной воды в домашних условиях

Для данного исследования выбраны 5 вариантов очистки проб водопроводной воды:

1. Водопроводная вода после кипячения в электрическом чайнике;

2. ВВ, очищенная с помощью фильтра-кувшина Аквафор со «старым» модулем А6 для очистки жесткой воды (срок эксплуатации 3 месяца) (рис. 9А);
3. ВВ, очищенная с помощью фильтра-кувшина Аквафор с «новым» модулем А6 для очистки жесткой воды (срок эксплуатации 2 дня);
4. ВВ, пропущенная через проточный фильтр Аквафор с трехступенчатой системой очистки со «старым» картриджем (спустя 1 год эксплуатации) (рис. 9Б);
5. ВВ, пропущенная через проточный фильтр Аквафор с трехступенчатой системой очистки со «свежим», прошедшим регенерацию хлористым натрием, картриджем (спустя 20 дней эксплуатации).



А



Б

Рис.9. Системы очистки водопроводной воды, применяемые в исследовании

В пробах воды исследовались те же химические показатели.

Согласно результатам по определению кислотности (рис.10), пропускание водопроводной воды через фильтры практически не изменяет величину данного показателя. Более существенный сдвиг на 1 ед. в щелочную сторону наблюдается после кипячения воды.

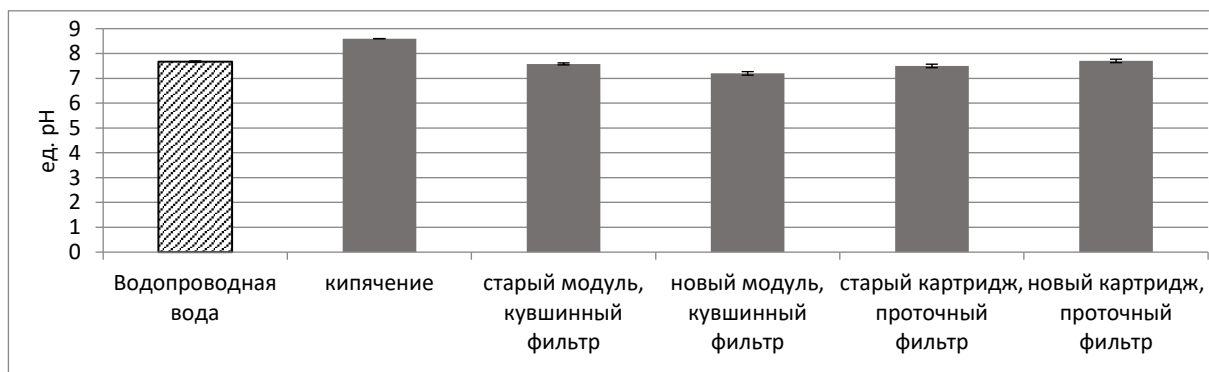


Рис.10. Кислотность водопроводной воды при разных способах очистки

Как показали результаты нашего исследования кипячение водопроводной воды не сказывается на содержании сухого остатка (рис. 11). Тогда как разные системы фильтрации воды, и особенно срок эксплуатации фильтров, оказывают на данный показатель разное влияние. Как следует из рис.11 фильтры, находящиеся в эксплуатации долгое время теряют способность задерживать соли. А воздействие фильтров, содержащих разные сорбенты резко отличается. Так по информации, взятой с упаковки, фильтрующий модуль А6 кувшина Аквафор преимущественно содержит активированный кокосовый уголь и

меньшее количество гранул ионообменного микрофильтра. Такой новый модуль существенно в 1,9 раза снижает в воде содержание солей (с 175,8 до 93,2 мг/л). Наоборот, вода прошедшая очистку через наполнитель свежего после регенерации картриджа проточного фильтра, существенно в 1,7 раза обогащается солями (с 175,8 до 305,0 мг/л), но значение не превышает допустимой нормы. В его состав входит ионообменная смола.

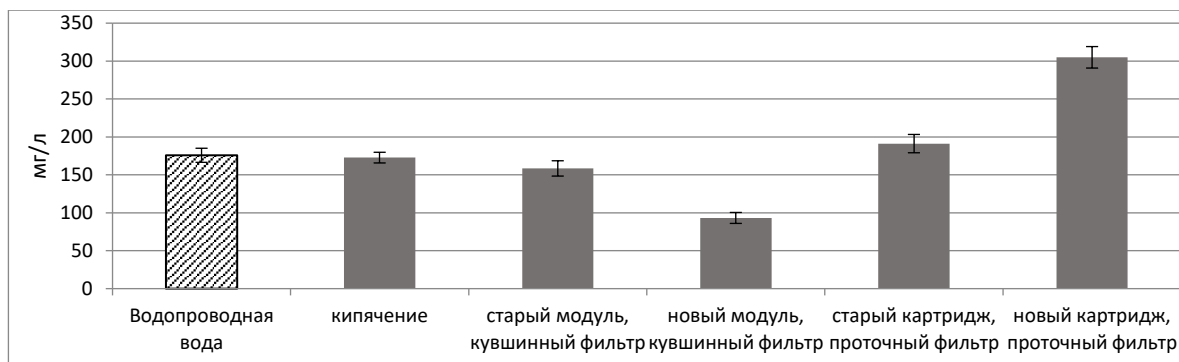


Рис.11. Содержание сухого остатка в водопроводной воде при разных способах очистки

Как показали результаты определения жесткости все изученные способы очистки водопроводной воды снижают содержание солей жесткости (рис.12).

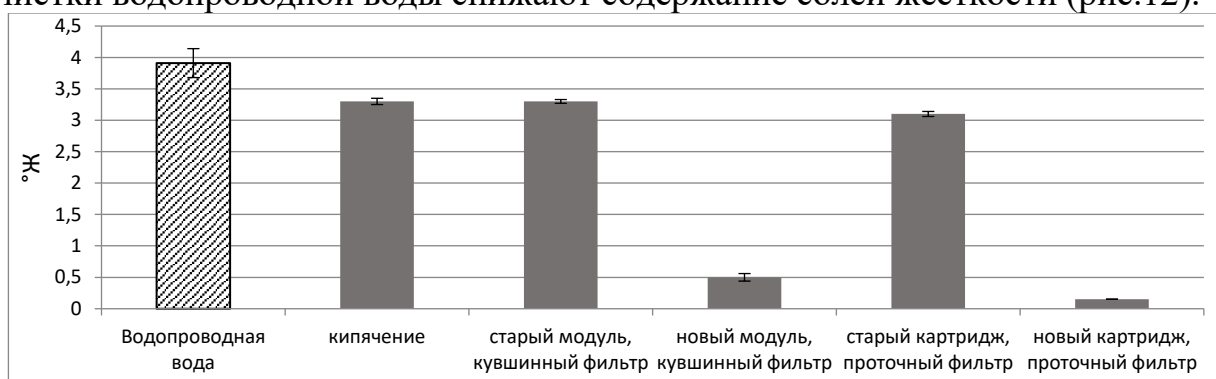


Рис.12. Общая жесткость водопроводной воды при разных способах очистки

Менее эффективен способ кипячения воды, при котором содержание солей жесткости снижается в 1,2 раза. Также малую эффективность показали фильтры, находящиеся в эксплуатации долгое время: кувшинный фильтр понизил значение жесткости в 1,2 раза, а проточный – в 1,3 раза. Поэтому, чтобы фильтр справлялся со своей задачей его необходимо своевременно менять, соблюдая рекомендации производителя. Наилучшие результаты показал способ фильтрации воды через сорбент. Так, новый модуль кувшинного фильтра понизил значение жесткости в 7,8 раз, а свежий картридж проточного фильтра – в 26 раз.

Как показали результаты, содержание хлоридов в водопроводной воде, очищенной в домашних условиях разными способами, практически не изменяется (рис.13). Исключение, составляет свежий модуль А6 кувшинного фильтра. На упаковке производителя указано, что его действие направлено и на снижение количества хлора в воде. Так и есть, данный показатель снизился с 21,3 до 18,9 мг/л.

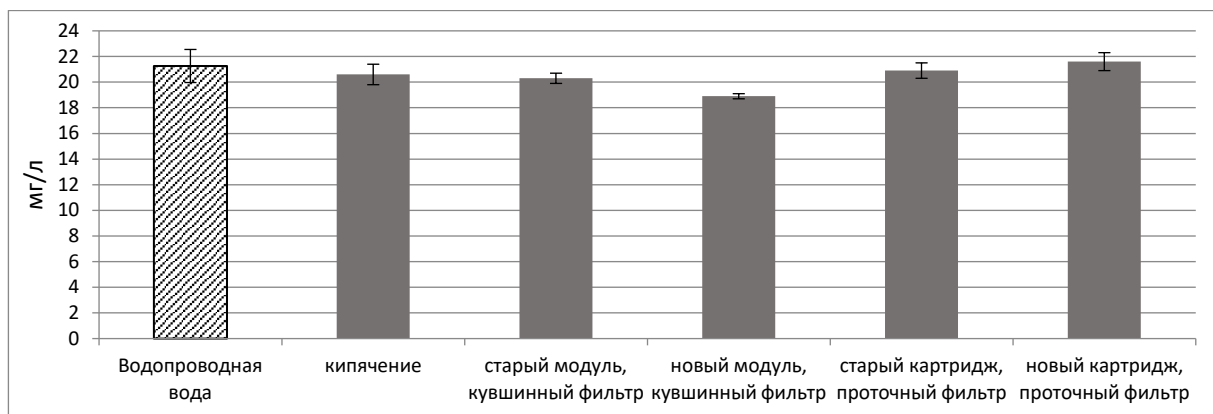


Рис.13. Содержание хлоридов в водопроводной воде при разных способах очистки

Неожиданные для нас результаты получились при определении содержания калия и натрия в водопроводной воде, прошедшей очистку с помощью фильтров (рис. 14). Причем опять же фильтры, проработавшие долгое время, не оказывали влияния на содержание данных ионов, а свежие изменяют их содержание в сторону возрастания.

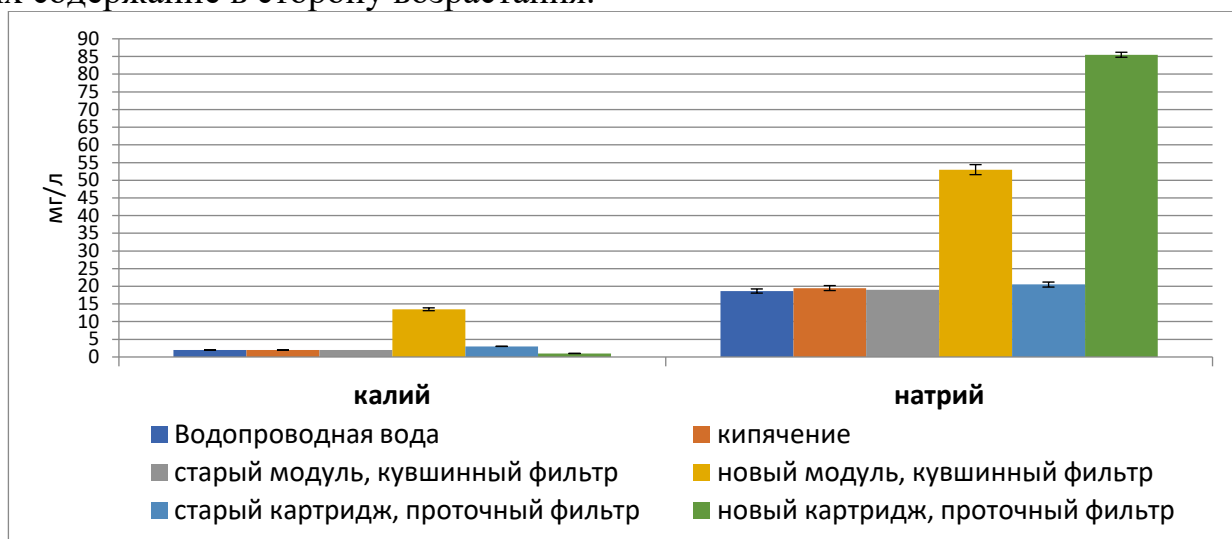


Рис.14. Содержание калия и натрия в водопроводной воде при разных способах очистки

Нас удивило, что при пропускании водопроводной воды через свежий модуль кувшинного фильтра в ней возрастает содержание калия в 6,8 раза (с 2 до 13,5 мг/л) и натрия в 2,8 раза (с 18,7 до 53,0 мг/л), что не выходит за пределы допустимой концентрации. А вода, прошедшая очистку через наполнитель проточного фильтра, существенно обогащается натрием. Его содержание в воде увеличивается до 85,5 мг/л, т.е. в 4,6 раза, что тоже не превышает нормы. На сайте производителя [16] указано, что ионообменная смола работает как раз за счет ионов натрия, которые вступают в реакцию ионного обмена с ионами воды.

Поэтому, можно сделать вывод, что состав наполнителя фильтра влияет на конечное количество некоторых ионов в воде, в частности ионов калия и натрия.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенного исследования можно сделать ряд выводов:

1. Жители Ленинского района г. Ижевска в качестве источника питьевой воды отдают предпочтение (68 чел. из 100) водопроводной воде, но прошедшей предварительную очистку с помощью различных бытовых фильтров. 19 чел. из 100 пьют кипяченую водопроводную воду. Другие источники можно расположить в убывающий ряд: вода из собственной скважины > покупная вода из киосков > покупная бутилированная вода > родниковая вода.

2. В водопроводной воде по исследованным показателям (кислотность, общая жесткость, общая минерализация, содержание калия, натрия и хлор-ионов) не выявлено превышений гигиенических нормативов.

3. Исследованные родники очень сильно различаются по величине значений таких показателей, как кислотность, общая жесткость, минерализация, содержание натрия и хлор-ионов. Вероятно, это связано с глубиной залегания и химическим составом грунта водоносного горизонта.

4. Из трех проб родниковой воды, исследуемых по 6 показателям, в двух выявлено не соответствие гигиеническому нормативу. Так, в родниковой воде из пос. Шунды на верхней границе нормы равной 9,0 ед. находится показатель кислотности воды. А в воде из родника на ул. Заречное шоссе превышен на 2,7 °Ж показатель общей жесткости при нормативе равном 7 °Ж.

5. В исследовании подтверждена высокая эффективность наиболее популярных среди населения кувшинного и проточного фильтров по отношению к солям жесткости. В водопроводной воде, прошедшей очистку кувшинным фильтром Аквафор с модулем А6, выявлено снижение показателя общей жесткости в 7,8 раза, проточным фильтром – в 26 раз.

6. Различные способы фильтрации воды в домашних условиях могут не только уменьшать содержание веществ, но и увеличивать. В водопроводной воде, после очистки кувшинным и проточным фильтрами, выявлено увеличение содержания натрия в 2,8 и 4,6 раза соответственно, но без превышения гигиенического норматива. Также в воде, прошедшей через кувшинный фильтр, наблюдается увеличение содержания калия в 6,8 раза. А в воде, прошедшую через систему проточного фильтра, в 1,7 раза увеличивается содержание сухого остатка.

7. Эффективность работы фильтров зависит от срока их эксплуатации. Так через 3 месяца службы в семье из 3 человек эффективность очистки водопроводной воды от солей жесткости кувшинным фильтром снижается в 5,6 раз, а при использовании фильтрующего ионообменного картриджа проточного фильтра более 1 года – в 5 раз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выдвинутые нами перед исследованием гипотезы подтвердились не полностью. По крайней мере, по исследованному кругу показателей, качество воды из-под крана оказалось лучше проб родниковой воды, так как ни по одному из исследованных показателей не выявлено превышение нормативов. Тогда как, в 2 из 3 исследованных родниках по 2 из 6 химических показателей выявлены не соответствие нормам. Но, тем не менее, мы считаем, что лучше прибегать к очистке водопроводной воды с помощью фильтров, но для этого использовать проверенных производителей фильтровальных систем.

На основе полученных нами результатов по содержанию некоторых химических веществ в питьевой воде мы можем дать следующие рекомендации:

1. Водопроводная вода хоть и по исследованным нами показателям соответствует нормативам, но мы знаем, что в ней содержатся еще десятки других не исследованных нами элементов. А зная, что водопровод в г. Ижевске старый лучше проводить ее доочистку с помощью фильтров или кипятить.

2. Жителям, использующим для доочистки водопроводной воды разные фильтры, необходимо следовать рекомендациям производителя по срокам их службы. В противном случае эффективность очистки со временем резко снижается.

3. Производителям фильтров для воды учитывать, что фильтр не только снижает содержание элементов в воде, но и может увеличить содержание ряда элементов. Как, например, в нашем исследовании выявлено, увеличение содержание в воде калия и натрия. Главное чтобы этот уровень был безопасным для здоровья человека.

4. Родниковую воду мы не рекомендуем пить «сырой», т.к. часто в ней содержится высокое содержание, например, солей жесткости. Поэтому ее лучше тоже пропускать через фильтр.

5. Родниковую воду набирать из проверенных и обустроенных источников.

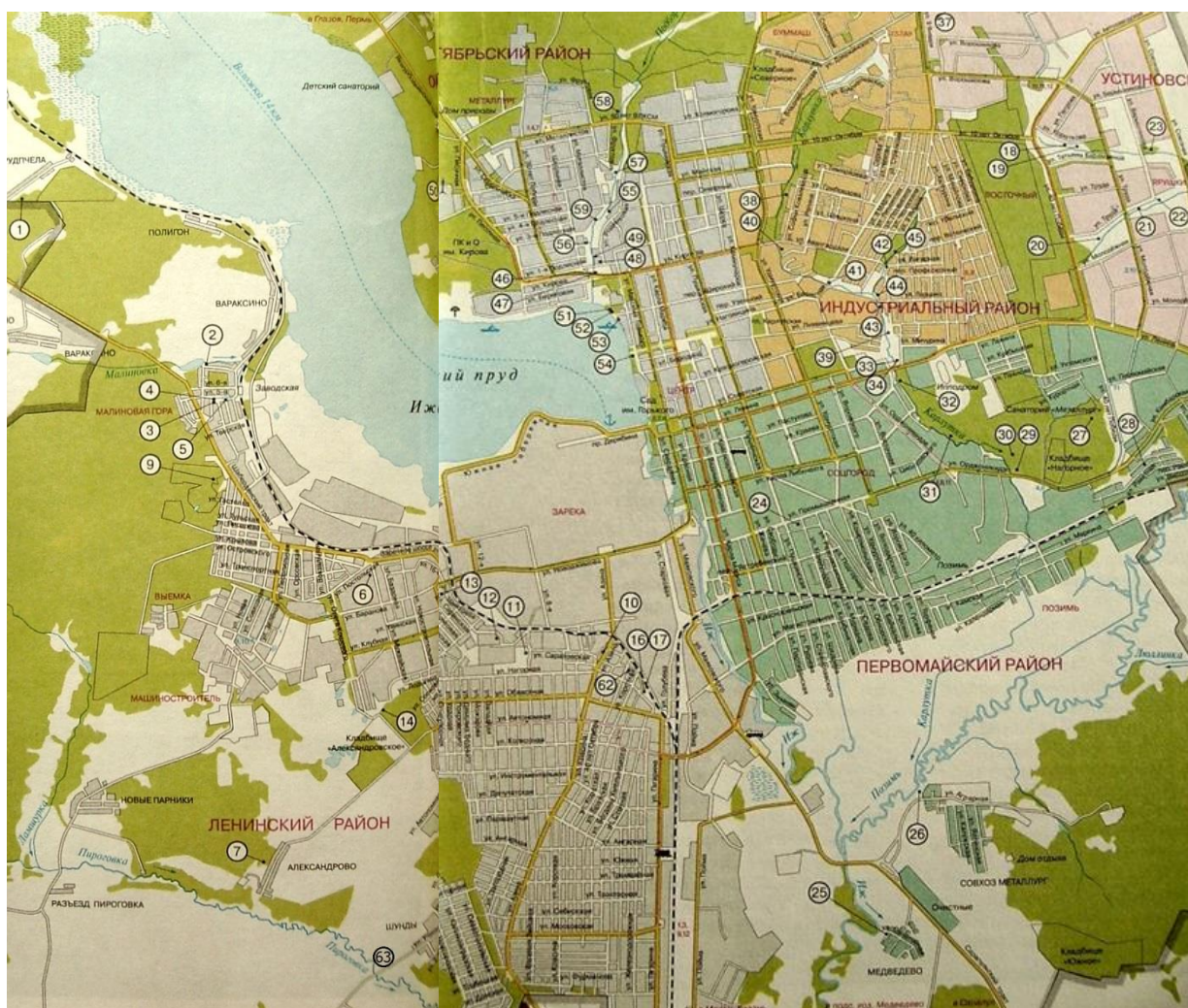
6. Около наиболее посещаемых родников хотелось бы видеть информационные щиты, на которых была бы указана информация об истории родника, его глубине и о качестве воды в нем.

7. Жителям города не надо быть равнодушными и оставлять заявки в специальные службы (в частности на сайте Роспотребнадзора в специальном разделе «Отправить обращение»), на исследование качества воды в том или ином роднике. Потому что только в этом случае проверят качество воды в нем.

8. Чтобы продлить срок службы электрических нагревательных приборов (чайников, водогрейных котлов) лучше очищать воду от солей жесткости с помощью фильтра или умягчителей воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидорова Л.П., Низамова А.Ф. Подземные воды – важнейший регулятор пресной воды (Учебный электронный ресурс). Екатеринбург, 2016. 145 с. URL: [https://study.urfu.ru/Aid/Publication/13553/1/Sidorova_EOR_PV%20\(1\).pdf](https://study.urfu.ru/Aid/Publication/13553/1/Sidorova_EOR_PV%20(1).pdf)
2. Роль воды в жизни человека. URL: <https://muob.ru/aktualno/news/glavnye-novosti/871287.html>
3. Вода как фактор здоровья населения. URL: https://www.ismu.baikal.ru/src/downloads/ecf89bb4_lektsiya_5.pdf
4. Обмен воды и минеральных соединений. URL: <https://ivgma.ru/attachments/20974?ysclid=le3z5fg0bx189399188>.
5. Кофман В.Я. Родники и атмосферные осадки как источник питьевой воды // Санэпидконтроль. Охрана труда (Электронный журнал), 2014, №2. URL: https://www.profiz.ru/sec/2_2014/rodniki_i_osadki/?ysclid=le40lughd7616013046
6. Рогозин М.Ю., Бекетова Е.А. Проблема загрязнения грунтовых вод // Молодой ученый. 2018. № 25 (211). С. 1-4. URL: <https://moluch.ru/archive/211/51594/>.
7. Карманова А.А. Загрязнение поверхностных водоемов, основные источники и загрязнители // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2019. №1. С.48–59.
8. Новикова Ю.А., Фридман К.Б., Федоров В.Н., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О. К вопросу оценки качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения в современных условиях // Гигиена и санитария. 2020. 99 (6). С. 563–568.
9. Круговорот воды в Ижевске: что льется из нашего крана? Сетевое издание Izhlife. URL: <https://izhlife.ru/city/19664-krugovorot-vody-v-izhevskecto-letsya-iz-nashego-krana.html?ysclid=le5k118dcw539182301>
10. Родники Ижевска / А.И. Салтыков, В.В. Туганаев, Т.Г. Владыкина, Е.Ф. Шумилов, В.И. Стурман, А.В. Сентяков, И.Е. Егоров, Н.Г. Сибгатуллина, О.Г. Баранова, О.В. Гагарина, В.М. Подсизерцев / Под ред. В.В. Туганаева. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2000. 176 с.
11. Исаев М.А., Головков И.Г., Юрк С.А. Родниковые и артезианские воды Ижевска: Научно-популярное издание. Ижевск: Издательский дом «Секреты красоты и здоровья», 2004. 109 с.
12. Хохлова Е.А. Питьевая щелочная вода – насколько благотворно ее влияние на организм? Обзор литературы // Лечащий врач. 2019. № 6. С. 44–49.
13. Петин А.Н., Лебедева М.Г., Крымская О.В. Анализ и оценка качества поверхностных вод. Учебное пособие. Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. 252 с.
14. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир, 2001. 328 с.
15. Влияние жесткой воды на здоровье человека. URL: http://12.rospotrebнадzor.ru/rss_all/-/asset_publisher/Kq6J/content/id/282021
16. Регенерация фильтра: соль или ионообменная смола? URL: <https://www.aquaphor.ru/support/regeneration/about>



Карта-схема отбора проб родниковой воды в Ленинском районе г. Ижевска

- Родник №3 «Малиновая гора, 8-я улица» (Центр мкрн. Малиновая гора);
- Родник №6 «Заречное шоссе» (вблизи дома №71 по ул. Заречному шоссе);
- Родник №63 «Шунды» (мкрн. Шунды, 300 м к юго-западу от участка №50 по ул. Учхозная, в пойме р. Пироговка).

Примечание: Нумерация исследованных нами родников соответствует нумерации, приведенной впервые в карте родников, составленной в 2000 году (Родники Ижевска, 2000 [10]).