МЕТОДИКА ОЧИСТКИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ АРТЕЗИАНСКИХ ВОД ОТ МИНЕРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ И МИКРОКОМПОНЕНТОВ.

Эсанмуродов Шахбоз
Ташкентский государственный транспортный университет, ассистент
E-mail: shakhbozjonesanmurodov@gmail.com
Рихсиходжаева Гулчехра
Ташкентский государственный транспортный университет, доцент
E-mail: gulchexrarr@gmail.com
Кувондиков Кувончбек
Ташкентский государственный транспортный университет, ассистент
E-mail: quvondiqovqamar@gmail.com
Қурбонов Султонмурод
Ташкентский государственный транспортный университет, ассистент
E-mail: sultonmurodqurbonov0@gmail.com

Аннотация. Мақолада сувни турли хил ифлосликлар ва қаттиқлик тузларидан тозалашнинг замонавий усуллари кўриб чиқилган. Коагуляция, флокуляция, фильтрация, аэрация, ион алмашинуви, тескари осмос ва фаоллаштирилган кўмир билан ишлов беришни ўз ичига олган механик, физик-кимёвий, биологик ва комбинирланган тозалаш усуллари тавсифланган. Ичимлик сувини хлор, озон ва ультрабинафша нурланиши ёрдамида зарарсизлантиришга алоҳида эътибор қаратилган. Ишда санитария талабларига жавоб берадиган ичимлик суви сифатини таъминлаш учун сув тайёрлашга комплекс ёндашувнинг аҳамияти таъкидланган.

Калит сўзлар: сувни тозалаш, ифлосликлар, механик усуллар, физик-кимёвий усуллар, биологик тозалаш, зарарсизлантириш, ион алмашинуви, тескари осмос, фаоллаштирилган кўмир, аэрация.

Аннотация. В статье рассмотрены современные методы очистки воды от различных примесей и солей жесткости. Описаны механические, физико-химические, биологические и комбинированные методы очистки, включая коагуляцию, флокуляцию, фильтрование, аэрацию, ионообмен, обратный осмос и обработку активированным углем. Особое внимание уделено обеззараживанию питьевой воды с помощью хлора, озона и ультрафиолетового излучения. Работа подчеркивает значимость

ISSN 3030-3907

комплексного подхода к водоподготовке для обеспечения качества питьевой воды, соответствующей санитарным требованиям.

Ключевые слова: очистка воды, примеси, механические методы, физико-химические методы, биологическая очистка, обеззараживание, ионообмен, обратный осмос, активированный уголь, аэрация.

Abstract. The article examines modern methods of water purification from various impurities and hardness salts. Mechanical, physico-chemical, biological, and combined treatment methods are described, including coagulation, flocculation, filtration, aeration, ion exchange, reverse osmosis, and treatment with activated carbon. Special attention is given to the disinfection of drinking water using chlorine, ozone, and ultraviolet radiation. The study emphasizes the importance of a comprehensive approach to water treatment to ensure the quality of drinking water that meets sanitary standards.

Keywords: water purification, impurities, mechanical methods, physico-chemical methods, biological treatment, disinfection, ion exchange, reverse osmosis, activated carbon, aeration.

ВВЕДЕНИЕ

Качество питьевой воды является важнейшим фактором здоровья населения и функционирования бытовых и промышленных систем. В природных водах присутствуют различные примеси: взвешенные частицы, коллоидные вещества, растворенные соли и органические соединения. Их наличие может ухудшать вкус и запах воды, вызывать образование накипи, повреждать оборудование и представлять опасность для здоровья.

Для удаления примесей применяются механические, физико-химические и биологические методы очистки. Механические методы (отстаивание, фильтрование, флотация) используются для удаления взвесей, физико-химические (коагуляция, адсорбция, окисление) — для коллоидных и растворенных соединений, биологические — для разложения органических веществ микроорганизмами. Для снижения жесткости воды применяют термическое умягчение, реагентное умягчение, ионообмен, обратный осмос и электродиализ. Обеззараживание воды осуществляется с помощью хлора, озона или ультрафиолетового излучения.

Комплексное применение перечисленных методов обеспечивает высокое качество питьевой воды, соответствует санитарным нормам и решает задачи защиты здоровья населения и сохранения оборудования.

Основная часть. Методы очистки воды – способы отделения воды от нежелательных примесей и элементов.

ISSN 3030-3907

Существуют несколько методов очистки и все они входят в три группы методов:

• механические
• физико-химические
• биологические

Наиболее дешевая – механическая очистка – применяется для выделения взвесей. Основные процессы процеживание, отстаивание и фильтрование применяются, как предварительные этапы.

Химическая очистка применяется для выделения из природной воды растворимых неорганических примесей. При обработке природной воды реагентами происходит их нейтрализация, выделение растворенных соединений, обесцвечивание и обеззараживание.

Физико-химическая очистка применяется для очистки воды от грубо- и мелкодисперсных частиц, коллоидных примесей, растворенных соединений. Высокопроизводительный, но в то же время дорогой способ очистки.

Биологические методы применяются для очистки от растворенных органических соединений. Метод основан на способности микроорганизмов разлагать растворенные органические соединения.

Каждому фазово-дисперсному состоянию примесей воды соответствуют определенные методы воздействия с целью их удаления. Согласно классификации Л.А. Кульского по каждой группе примесей можно променять методы очистки воды от них.

Очистка воды от примесей I группы. Процессы: осветление (удаление взвешенных веществ), обеззараживание или дезинфекция (прекращение жизнедеятельности бактерий).

Способы очистки:

1) Механическая очистка воды от примесей

▪ Отстаивание (седиментация) – удаление взвесей в гравитационном поле (под действием сил тяжести). Этим методом удаляется крупная взвесь.

▪ Центрифугирование – удаление взвесей в поле центробежных сил, создаваемых вращением воды в гидроциклонах или центрифугах). При этом изымается грубая и средняя взвесь.

▪ Флотация – прикрепление частиц к пузырькам газа с последующим всплытием образовавшихся агрегатов на поверхность воды и удалением пены. Способ применяется для удаления гидрофобных взвешенных частиц, планктона, чаще – нефтепродуктов, масел, жиров, поверхностно–активных веществ (ПАВ).

ISSN 3030-3907

▪ Фильтрование – пропускание воды через пористый слой для изъятия из воды планктона, крупной и мелкой взвеси.

2) Физико-химическая очистка воды от примесей – агрегация (укрупнение) примесей путем коагуляции или флокуляции с последующим отстаиванием, флотацией или фильтрованием. Этим методом удаляются тонкодисперсные взвеси.

3) Бактерицидная очистка воды от примесей.

Методы предназначены для нарушения обменных процессов в клетках микробов (метаболизма), что вызывает их гибель.

▪ Обработка воды окислителями (хлором, озоном).

▪ Обработка воды ионами тяжелых металлов (серебро, медь, свинец и пр.).

▪ Облучение воды ультрафиолетовыми лучами, ультразвуком, ионизирующими излучениями.

▪ Термообработка (кипячение).

Очистка воды от примесей II группы. Процессы: обесцвечивание, окисление органики, обеззараживание.

Способы очистки:

1) Физико-химические:

▪ Агрегация коллоидных примесей агрегацией или флокуляцией с последующим отстаиванием, флотацией, фильтрованием.

▪ Адсорбция.

▪ Воздействие сильными окислителями (хлором, озоном, перманганатом калия), разрушающими органические коллоидные соединения.

2) Вирулицидная обработка – уничтожение вирусов. Осуществляется методами бактерицидной очистки.

3) Биохимическая очистка воды от примесей – окисление органических примесей с переводом их в минеральные соединения в процессе жизнедеятельности специально культивируемых микроорганизмов.

Очистка воды от примесей III группы. Процессы: окисление органики, дезодорация (устранение запахов), дегазация (удаление газов).

Способы очистки:

1) Физико-химические

▪ Окисление органических примесей.

▪ Адсорбция молекулярных примесей на активированном угле, силикагеле и других сорбентах.

▪ Экстракция примесей с помощью различных экстрагентов.

ISSN 3030-3907

▪ Эвапорация – отгонка летучих примесей “острым” (высокотемпературным) паром.

▪ Ультрафильтрация через мембраны с порами, пропускающими молекулы воды и задерживающими более крупные молекулы примесей.

2) Аэрирование – создание большой поверхности контакта воды с воздухом засчёт:

▪ Барботажа (продувки слоя воды воздухом);

▪ Разбрызгивания воды в атмосфере.

Аэрирование применяется в основном для удаления растворенных газов.

3) Биохимическая очистка.

Очистка воды от примесей IV группы. Процессы: деминерализация (удаление растворенных солей), опреснение (неглубокая очистка от солей до состояния пресной воды), обессоливание (глубокая очистка от солей), умягчение (устранение жесткости), подщелачивание и подкисление, нейтрализация, обезжелезивание и др.

Способы очистки:

1) Физико-химические

▪ Обработка реагентами с переводом ионов в малодиссоциированные соединения.

▪ Ионный обмен с помощью ионитов, извлекающих из воды ионы растворенных солей.

▪ Электродиализ воды – разделение катионов и анионов в постоянном электрическом поле.

▪ Гиперфильтрация (обратный осмос) – продавливание под большим давлением воды с ионными примесями через полупроницаемые мембраны, которые пропускают воду и задерживают ионы солей.

2) Физические методы

▪ Термический – нагрев воды для выделения солей карбонатной жесткости.

▪ Изменение фазового состояния воды для ее обессоливания

– перевод в газообразное состояние с последующей конденсацией (дистилляция).

– перевод в твердую фазу вымораживанием с последующим оттаиванием и разделением на лед и рассол; образованием газгидратов обработкой жидкими газами–хладагентами (метан, фреон) при определенных температуре и давлении.

▪ Магнитная обработка

ISSN 3030-3907

3) Биохимическая очистка воды от примесей (ионов железа, сульфатов, хроматов и нитратов) специфическими бактериями.

Если в основу классификации методов очистки воды брать не свойства примесей, а тип воздействия на них, то способы очистки можно разделить на следующие группы

– механическая очистка (процеживание, седиментация)
– физические методы (дистилляция, вымораживание, агрегирование)
– химические методы (нейтрализация, ионный обмен),
– физико-химические методы (коагуляция, адсорбция),
– биохимическая, биологическая и биоцидная очистка.

К отмеченным процессам можно добавить вспомогательные, сопутствующие очистке: смешение, хлопьеобразование, диффузия, обезвоживание, сушка, охлаждение (рисунок 2).

Предварительная очистка воды. Если в качестве источника водоснабжения для приготовления питьевой воды используются поверхностные и подземные воды, требуется проведение тщательной предварительной очистки, которая включает в себя:

•*первичное отстаивание с применением или без применения реагентов, в зависимости от состава исходной воды.*

•*коагуляция (т.е. введение в обрабатываемую воду солей алюминия, железа или полиэлектролитов), для укрупнения взвешенных и коллоидных частиц и перевода их в фильтруемую форму.*

•*механическая очистка воды с помощью фильтрования.* Очистка воды с помощью фильтрования применяется для самых различных целей. В качестве фильтрующего материала в зависимости от целей фильтрации применяется кварцевый песок, антрацит, доломит.

Очистка воды от железа. Решение проблемы очистки воды от железа – довольно сложная и комплексная задача. Наиболее часто используемыми методами при очистке воды от железа являются:

•*аэрация*, т. е. нагнетание воздуха и интенсивный процесс окисления в емкости. Расход воздуха для насыщения воды кислородом составляет около 30 л/м^3.

•*обработка воды сильными окислителями* – озон, хлор, гипохлорит натрия, перманганат калия.

•*фильтрование через модифицированную загрузку* (пропускание воды через материалы для удаления железа, которые осуществляют не только очистку воды от окисленного железа (осадка), но и от растворенного железа с помощью химического взаимодействия).

ISSN 3030-3907

Все многообразие методов, применяемых в технологии очистки воды от железа, можно свести к двум основным типам – реагентные (для восстановления фильтрующих свойств загрузки используется дополнительный реагент) и безреагентные (для восстановления фильтрующих свойств загрузки используется промывка водой). Очистку от железа поверхностных вод можно осуществлять лишь реагентными методами, а в очистке от железа подземных вод распространение получили оба метода.

Типичная картина, которая наблюдается при подъеме железистой воды из скважины, такова: в начале вода, выкачанная из скважины, абсолютно прозрачна и кажется чистой, но проходит несколько десятков минут и вода мутнеет, приобретая специфический желтоватый цвет. Через несколько часов муть начинает оседать, образуя рыхлый осадок. Процесс осаждения может длиться несколько дней. Скорость осаждения зависит от температуры и состава воды. Наличие железа можно определить и на вкус. Начиная с концентрации 1,0–1,5 мг/л вода имеет характерный неприятный металлический привкус. Игнорирование проблемы железа в воде оканчиваются плохо, и стоит дорого: потеря «белизны» ванн, отказ импортной бытовой техники, систем отопления и нагрева воды. В системе горячего водоснабжения проблемы, обусловленные повышенным содержанием железа, многократно возрастают. Уже при концентрации 0,5 мг/л идет интенсивное появление хлопьев, образующих рыхлый шлам, который забивает теплообменники, радиаторы, трубопроводы, сужает их проходное сечение.

Очистка воды от солей жесткости. Жесткость воды определяется суммарным содержанием в ней растворенных солей *кальция и магния.* Гидрокарботаны кальция и магния образуют карбонатную или временную жесткость воды, которая полностью устраняется при кипячении воды в течение часа. В процессе кипячения растворимые гидрокарбонаты переходят в нерастворимые карбонаты, выпадающие в виде белого осадка или накипи, с выделением при этом углекислого газа. Соли же сильных кислот, например, сульфаты и хлориды кальция и магния – образуют некарбонатную или постоянную жесткость, не изменяющуюся при кипячении воды.

Высокая гидрокарбонатная (временная) жесткость воды делает её непригодной для питания газовых и электрических паровых котлов и бойлеров. Стенки котлов постепенно покрываются слоем накипи. Слой накипи в 1,5 мм снижает теплоотдачу на 15 %, а слой толщиной 10 мм – снижает теплоотдачу уже на 50 %.

ISSN 3030-3907

Снижение теплоотдачи ведет к увеличению расхода топлива или электроэнергии, что в свою очередь ведет к образованию прогаров, трещин на трубах и стенках котлов, выводя преждевременно из строя системы отопления и горячего водоснабжения.

В тех случаях, когда вода слишком жесткая и её необходимо умягчить, применяют следующие методы очистки воды:

•*термический,* основанный на нагревании воды

•*дистилляция или вымораживание*

•*реагентный*

•*ионообменный*

•*обратный осмос*

•*электродиализ*

•*комбинированный*, представляющего собой различные сочетания перечисленных методов.

Термоумягчение. Основан на кипячении воды, в результате термически нестойкие гидрокарбонаты кальция и магния разлагаются с образованием накипи:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + CO_2 + H_2O.$$

Кипячение устраняет только временную (карбонатную) жёсткость.

Реагентное умягчение. Метод основан на добавлении в воду кальцинированной соды Na_2CO_3 или гашёной извести $Ca(OH)_2$. При этом соли кальция и магния переходят в нерастворимые соединения и, как следствие, выпадают в осадок. Например, добавление гашёной извести приводит к переводу солей кальция в нерастворимый карбонат:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$

Лучшим реагентом для устранения общей жесткости воды является ортофосфат натрия Na_3PO_4, входящий в состав большинства препаратов бытового и промышленного назначения:

$$3Ca(HCO_3)_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaHCO_3$$

$$3MgSO_4 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Mg_3(PO_4)_2\downarrow + 3Na_2SO_4$$

Ортофосфаты кальция и магния очень плохо растворимы в воде, поэтому легко отделяются механическим фильтрованием. Этот метод оправдан при относительно больших расходах воды, поскольку связан с решением ряда специфических проблем: фильтрации осадка, точной дозировки реагента.

Катионирование. Метод основан на использовании ионообменной гранулированной загрузки (чаще всего ионообменные смолы). Такая загрузка при контакте с водой поглощает катионы солей жёсткости (кальций и магний,

ISSN 3030-3907

железо и марганец). Взамен, в зависимости от ионной формы, отдавая ионы натрия или водорода. Эти методы соответственно называются Na-катионирование и H-катионирование. При правильно подобранной ионообменной загрузке жёсткость воды снижается при одноступенчатом натрий–катионировании до 0,05–0,1 °Ж, при двухступенчатом – до 0,01 °Ж. В промышленности с помощью ионообменных фильтров заменяют ионы кальция и магния на ионы натрия и калия, получая мягкую воду.

Обратный осмос. Метод основан на прохождении воды через полупроницаемые мембраны (как правило, полиамидные). Вместе с солями жёсткости удаляется и большинство других солей. Эффективность очистки может достигать 99,9 %. Этот метод нашёл наибольшее применение в бытовых системах подготовки питьевой воды. В качестве недостатка данного метода следует отметить необходимость предварительной подготовки воды, подаваемой на обратноосмотическую мембрану.

Электродиализ. Основан на удалении из воды солей под действием электрического поля. Удаление ионов растворенных веществ происходит за счёт специальных мембран. Так же как и при использовании технологии обратного осмоса, происходит удаление и других солей, помимо ионов жёсткости.

Полностью очистить воду от солей жёсткости можно дистилляцией.

Жёсткость пресных природных водоемов меняется в течение года, имея минимум в период паводка. Артезианская вода, как правило, более жёсткая, чем вода из поверхностных источников. В Подмосковье жёсткость артезианских вод меняется от 3 до 15–20 мэкв/л в зависимости от места и глубины скважины.

Очистка воды обеззараживанием. Обеззараживание питьевой воды имеет важное значение в общем цикле очистки воды и почти повсеместное применение, так как это последний барьер на пути передачи связанных с водой бактериальных и вирусных болезней. Обеззараживание воды является заключительным этапом подготовки воды питьевой кондиции. Использование для питья подземной и поверхностной воды в большинстве случаев невозможно без обеззараживания.

Обычными методами обеззараживания при очистке воды являются:

•*хлорирование* путем добавления хлора, диоксида хлора, гипохлорита натрия или кальция;

•*озонирование воды;*

•*ультрафиолетовое облучение.*

ISSN 3030-3907

Другие способы обеззараживания (воздействие ионов благородных металлов, ультразвук, радиоактивное излучение) крайне редко применяются в централизованных системах водоснабжения.

Очистка воды на активированном угле. Очистка воды на активированном угле чаще всего применяется на одной из последних ступеней очистки и является одним из классических способов получения питьевой воды. Такую дополнительную очистку воды необходимо в тех случаях, когда требуется устранить незначительные нарушения показателей цветности, вкуса и запаха воды. Активные угли также используются для очистки муниципальной водопроводной воды от хлора и хлорсодержащих соединений.

Очистка воды обратным осмосом. С помощью этого метода можно проводить глубокую очистку воды. При оптимальных значениях температуры и давления подаваемой воды, степень очистки воды обратным осмосом составляет 95–98%. Разделение воды и содержащихся в ней веществ достигается с помощью полупроницаемой мембраны. Сами мембраны изготавливаются из различных материалов, например, полиамида или ацетатцеллюлозы и выпускаются в виде полых волокон или рулонов. Через микроскопически малые поры этих мембран (размер порядка 0,0001 микрона), могут пройти только молекулы воды и кислорода, а микроорганизмы, растворенные в воде соли и органические соединения и т.п. задерживаются мембраной.

Степень очистки воды и связанная с этим производительность зависит от различных факторов, прежде всего от общего солесодержания сырой воды, а также солевого состава, давления и температуры.

На стадии предварительной очистки воды следует ее отфильтровать и при необходимости очистить от хлора. Особые преимущества обратного осмоса заключаются в его высокой экологической безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В природной воде содержатся взвеси, коллоидные вещества, растворенные соли, органические соединения и микроорганизмы, которые необходимо удалять для обеспечения качества питьевой воды. Эффективная очистка достигается комплексным применением механических, физико-химических, биологических и комбинированных методов: коагуляция, флокуляция, фильтрование, адсорбция, аэрация, ионообмен, обратный осмос, термическая обработка. Особое внимание уделяется обеззараживанию воды с использованием хлора, озона и ультрафиолетового излучения для предотвращения передачи бактериальных и вирусных заболеваний.

ISSN 3030-3907

Умягчение воды и удаление железа предотвращает образование накипи, защищает оборудование и улучшает органолептические свойства воды. Комплексная водоподготовка обеспечивает безопасное, качественное и соответствующее санитарным нормам питьевое водоснабжение.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аврукова Л. С., Белова Т. П. Исследование сорбционных свойств сильнокислотного катионита КУ-2-8 и его зарубежных аналогов // *Журнал прикладной химии*. – 2016. – Т. 89. – №4. – С. 612–620.
2. Третьяков В. Ф., Гольдштейн Я. Е. Ионный обмен и иониты. – М.: Химия, 2001. – 368 с.
3. СанПиН № 0056-96. Гигиенические критерии качества питьевой воды. Ташкент. 1996 г.
4. Erdem E., Karapinar N., Donat R. The removal of heavy metals by ion-exchange resins: Nickel and zinc // *Journal of Hazardous Materials*. – 2004. – Vol. 109. – P. 113–118.
5. Helfferich F. Ion Exchange. – McGraw–Hill, New York, 1962. – 624 p.
6. Канализация. Наружные сети и сооружения. КМК 2.04.03-19. Госкомархитектстрой РУз. Т.: 2019. - 115 с.
7. Quvonchbek Ro‘zimurod o'g, Q., Vasilaxon, X., & Ozodaxon, B. (2025). QISHLOQ XO'JALIGIDA SUVNI TEJAYDIGAN TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHNI YANADA TAKOMILLASHTIRISH CHORA-TADBIRLARI TO'G'RISIDA. Modern education and development, 25(3), 84-96.
8. Quvonchbek Ro‘zimurod o'g, Q., Vasilaxon, X., & Ozodaxon, B. (2025). QISHLOQ XO'JALIGIDA SUVNI TEJAYDIGAN TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHNI YANADA TAKOMILLASHTIRISH CHORA-TADBIRLARI TO'G'RISIDA. Modern education and development, 25(3), 84-96.
9. Umarov, U., Quvondiqov, Q., Obidjonov, A., Babaev, A., & Ochildiyev, O. (2023). Selecting wastewater treatment filters using local raw materials. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 03019). EDP Sciences.
10. Quvondiqov, Q. (2023). Neft va neft mahsulotlarini quvurlar orqali tashishda nasos va quvur liniyasining kombinasiyalashgan xususiyatlari. Замонавий архитектура, бинолар ва иншоотларнинг мустаҳкамлиги, ишончлилиги ва сейсмик хавфсизлик муаммолари.

ISSN 3030-3907