

16 Tamura K. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees [Text] // Molecular Biology and Evolution. – 1993. – 10. – P. 512-526.

17 Kumar S. Stecher. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms [Text] // Molecular Biology and Evolution. – 2018. – 35. – P. 1547-1549.

18 Molecular Evolutionary Genetics Analysis software for microcomputers/ Sudhir Kumar, K. Tamura, M. Nei.- (http://www.personal.psu.edu/nxm2/2004_Publications/2004-kumar-tamura-nei.pdf).

19 Pablo, L. Development of a Highly Sensitive Nested-PCR Procedure Using a Single Closed Tube for Detection of *Erwinia amylovora* in Asymptomatic Plant Material [Text] / L. Pablo // Anna Bonaterra [and etc.] // Applied and environmental microbiology 2000, P. 2071.

20 Akifumi M. [Takayuki Matsuura. *Erwinia uzenensis* sp. nov., a novel pathogen that affects European pear trees (*Pyrus communis* L.) [Text] / M. Akifumi [and etc.] // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2012. – 62. – P. 1799–1803.

ТҮЙІН

Мақалада зерттеудің негізгі мазмұны жеміс дақылдарының бактериялық күйік қоздырғышын анықтау болып табылады. Жұмыстың негізгі мақсаты *E. amylovora* молекулалық-генетикалық идентификациялау тәсілдері, соның ішінде полимеразды тізбекті реакция (ПТР) талдаулары және ДНҚ секвенирлеу әдістері және әртүрлі қоректік орталарды пайдалануға негізделген фитопатологиялық тадаулармен жүргізілді. Бүгінгі таңда бұл әдістер жоғары спецификалық және сезімталдыққа ие болғандықтан, бұл патогенді дәл анықтауға және ажыратуға мүмкіндік береді. Зерттеу жұмысында Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы әртүрлі шаруа қожалықтарына маршруттық тексеру жүргізілді, одан әрі зерттеу үшін бактериялық күйік белгілері бар өсімдіктердің 98 үлгісі іріктелініп алынды. Далалық жағдайда Flash форматындағы ПТР жүргізілді, 74 үлгінің нәтижелері бойынша *E. amylovora* анықталды. Зертханалық жағдайда алғашқы фитопатологиялық зерттеулер оң нәтиже берді. Патогенді дәл анықтау үшін түрге тән праймерлерді қолдана отырып, зертханалық жағдайда ПТР диагностикасы жүргізілді. Зерттеу жұмысы изоляттардың молекулалық-генетикалық сипаттамасы PEANT F/ PEANT 2 R және Fer F/ rgER2-R праймерлерінің арнайы комбинацияларын қолдану арқылы жүргізілді. Тізбекті талдау негізінде барлық изоляттар *E. amylovora* ДНҚ ретінде расталды және филогенетикалық ағаш жасалынды.

УДК 636.084: 636.083.314
МРНТИ: 68.35.47; 68.39.15

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-47-64

Монтаев С.А., доктор технических наук, профессор, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана 51, montaevs@mail.ru

Онаев М.Қ., кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-5584-1948>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана 51, maratonaev@mail.ru

Рыскалиев М.Ж., PhD доктор, <https://orcid.org/0000-0002-3361-2076>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, улица Жангир хана 51, muratbai_84@mail.ru

Бегалиева Р.С., магистр технических наук, <https://orcid.org/0000-0003-0522-6028>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана 51, rabesa@mail.ru

Денизбаев С.Е., магистр сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-8696-0288>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана 51, serik.edres.denizbaev69@mail.ru

Montayev S.A., doctor of technical sciences, professor, **main author**, <https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, montaevs@mail.ru

Ongayev M.K., candidate of technical sciences, associate professor, <https://orcid.org/0000-0001-5584-1948>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, maratonaev@mail.ru

Ryskaliyev M. Sh., PhD doktor, <https://orcid.org/0000-0002-3361-2076>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, muratbai_84@mail.ru

Begaliyeva R.S., master of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0003-0522-6028>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, rabesa@mail.ru

Denizbayev S.E., master of agricultural sciences, <https://orcid.org/0000-0001-8696-0288>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, serik.edres.denizbaev69@mail.ru

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВОДОСТОЙКОГО МИНЕРАЛЬНОГО СОРБЕНТА
НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КРЕМНИСТОЙ ПОРОДЫ – ОПОКИ
ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА И РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ
УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ
TECHNOLOGY FOR THE PREPARATION OF A WATER-RESISTANT MINERAL
SORBENT BASED ON MODIFIED SILICEOUS ROCK - FLANKS OF WESTERN
KAZAKHSTAN AND THE DEVELOPMENT OF A MODULAR LABORATORY
INSTALLATION FOR DESALINATION OF MINERALIZED GROUNDWATER**

Аннотация

Разработана конструкция картриджа, который состоит из корпуса, перфорированной трубки и головки. Головка картриджа имеет вход и выход для воды через фильтрующую загрузку. При этом фильтрующей загрузкой является модифицированный гранулированный сорбент диаметром 1,0-1,5 мм. В качестве корпуса картриджа использованы стандартные прозрачные пластиковые колбы бытовых фильтров, предназначенных для доочистки питьевой воды. Перфорированная трубка для картриджа, разработанных модифицированных сорбентов, изготовлена из пластика с помощью 3D принтера. Верхняя часть картриджа, соприкасающаяся с головкой, где осуществляется выход очищенной воды, снабжена сеткой из нержавеющей стали с отверстиями 0,8 мм. Такое конструктивное решение принято в связи необходимостью удержания гранул модифицированных сорбентов без задержки фильтрованной воды. Создана экспериментальная установка для опреснения и очистки воды, позволяющая исследовать степень очистки воды различного химического состава и загрязнения. На этой установке появляется возможность вести научно-экспериментальные работы по исследованию воды различного химического состава с целью очистки с помощью разработанных составов модифицированных сорбентов на основе кремнистой породы опоки. С помощью кондуктометра марки «Марк 603» исследованы водопроводная вода и три пробы подземной воды месторождения «Аккурай». Установлено, что все три пробы воды месторождения «Аккурай» по значению общего солесодержания (TDS) относятся к категории слишком высокого общего солесодержания и вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки. Самое высокое общее солесодержание до фильтрации обнаружено у пробы воды № 3 и составляет 3648 мг/дм³. В результате фильтрации водопроводная вода по общему солесодержанию (TDS) перешла в категорию 150-300, что соответствует приемлемому содержанию для воды, используемой в быту и в некоторых промышленных процессах, но может оказывать влияние на вкус и качество питьевой воды.

Установлено, что после фильтрации у всех трех проб наблюдается снижение показателей солесодержания (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) и по общему солесодержанию (TDS). В целом снижение составляет в пределах 30-33%, что является

значительным достижением касательно снижения показателей солесодержания высокоминерализованных подземных вод.

ANNOTATION

The design of the cartridge has been developed, which consists of a body, a perforated tube and a head. The cartridge head includes the inlet and outlet of water through a filter loading. In this case, the filter feed is a modified granular sorbent with a diameter of 1.0 – 1.5 mm. Standard transparent plastic flasks of household filters designed for post-treatment of drinking water are used as the cartridge body. The perforated cartridge tube for the developed modified sorbents is made of plastic using a 3D printer. The upper part of the cartridge in contact with the head, where the purified water is discharged, is equipped with a stainless, steel mesh with 0.8 mm holes. Such a constructive decision was made due to the need to retain granules of modified sorbents without delaying filtered water. An experimental installation for desalination and purification of water has been created, which allows to study the degree of purification of water of various chemical compositions and pollution. At this installation, it becomes possible to conduct scientific and experimental work on the study of water of various chemical compositions for the purpose of purification using the developed compositions of modified sorbents based on siliceous flask rock. With the help of a Mark 603 conductometer, tap water and three samples of groundwater from the Akkurai deposit were studied. It was found that all three water samples from the Akkurai deposit, according to the value of total salinity (TDS), belong to the category with too high total salinity and the water is unsuitable for most purposes without pretreatment. The highest total salinity before filtration was found in water sample No. 3 and is 3648 mg/dm³. As a result of filtration, tap water by total salinity (TDS) has moved into the 150-300 category, which corresponds to an acceptable content for water used in everyday life and in some industrial processes, but may affect the taste and quality of drinking water.

It was found that after filtration, all three samples showed a decrease in the salinity (C) of water, in terms of sodium chloride (NaCl) and total salinity (TDS). In general, the decrease is in the range of 30-33%, which is a significant achievement in terms of reducing the salinity of highly mineralized groundwater.

Ключевые слова: *Фильтрующая загрузка, модифицированный минеральный сорбент, опока, картридж, гранулирование, высокоминерализованная подземная вода, полимерная матрица, общее солесодержание, TDS, экспериментальная модульная установка, очистка воды.*

Key words: *Filter loading, modified mineral sorbent, flask, cartridge, granulation, highly mineralized groundwater, polymer matrix, total salinity, TDS, experimental modular installation, water purification.*

Введение. Дефицит воды является одной из самых серьезных глобальных проблем нашего времени. Сейчас более трети населения мира живет в странах с дефицитом воды, и, по прогнозам, к 2025 году этот показатель вырастет почти до двух третей [1-3].

Проблемы обеспечения достаточным количеством безопасной питьевой воды еще больше усложняются ростом населения, индустриализацией, загрязнением имеющихся пресноводных ресурсов и изменением климата. Соответственно, необходимо реализовать ряд мер по снижению нагрузки на водоснабжение, включая сохранение воды, повышение устойчивости инфраструктуры и улучшение систем водосбора/распределения. Однако стоит отметить, что эти меры могут только улучшить использование существующих водных ресурсов, а не эксплуатировать дополнительные ресурсы. Увеличение водоснабжения сверх того, что доступно из гидрологического цикла, может быть достигнуто путем опреснения и повторного использования воды [4].

Согласно статистическим данным, практически 1/5 часть населения мира проживает в районах с малой водообеспеченностью. Около 60 % территорий имеют ограниченный доступ к пресной воде, что вызывает проблемы с промышленностью, коммунально-бытовым и сельским хозяйством [5, 6].

По прогнозам Организации Объединенных Наций (ООН), к 2030 г. порядка 3,9 млрд чел. будут испытывать водный стресс, а к 2050 г. это число достигнет 2/3 численности мирового

населения. Наряду с проблемой дефицита воды стоит проблема ее качества. Особенно это касается густонаселенных районов, территорий крупных промышленных предприятий и сельскохозяйственных комплексов [7].

Одно из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса страны – развитие отгонного животноводства. Обводнение пастбищ является ключевой мерой для более эффективного использования вовлекаемых в оборот отдаленных отгонных пастбищ. На начало 2020 года из 180,1 млн га пастбищных угодий обводнено 106,2 млн га (59 %). Для стимулирования развития пастбищных угодий введено инвестиционное субсидирование до 80 % затрат по созданию инфраструктуры обводнения. В период 2014-2019 гг. для обводнения пастбищ построено 5978 колодцев, при запланированном показателе в 3633 единицы. За счет мер обводнения пастбищ сокращена нагрузка на пастбища близлежащих населенных пунктов на 20 % [8, 9].

Вместе с тем ряд районов Казахстана располагает большими запасами подземных вод с общей минерализацией от 1,0 до 35 г/л, не используемых для нужд водоснабжения по причине высокого содержания растворенных в воде солей. Эти воды могут стать источником водоснабжения только при условии их дальнейшего опреснения [10].

В целом, можно использовать несколько источников воды, включая морскую воду, солоноватую грунтовую воду, рассол, поверхностную воду, воду, добываемую из сланцевого газа и т.д. Основные загрязняющие вещества в этих исходных водах включают минералы, катионы металлов и анионы, и они могут быть выражены концентрацией общих растворенных твердых веществ (TDS), которая находится в диапазоне 500–50000 мг·л⁻¹. Для получения питьевой воды TDS следует снизить до <200 мг·л⁻¹. Кроме того, в исходной воде могут также появляться некоторые органические вещества, которые необходимо удалить.

Опреснение может эффективно снизить содержание загрязняющих веществ в исходной воде и обеспечить устойчивую и обильную подачу высококачественной воды, не нанося ущерба естественным пресноводным экосистемам.

Метод обратного осмоса (ОО) обычно используется для очистки воды с высоким содержанием соли, но он производит большой объем (38%) отбракованной воды с высоким содержанием общих растворенных солей (TDS) и других загрязняющих веществ, таких как токсичные металлы и органические загрязнители.

Отбракованная ОО вода (ROR) может представлять собой экологическую проблему, например, из-за высокого содержания TDS металлов, органических и неорганических соединений.

Технология обратного осмоса для опреснения морской воды заключается в том, что вода под давлением проходит через мельчайшие фильтры, в результате этого содержание солей становится очень низким. Степень очищения и производительность мембраны зависят от таких факторов, как количество соли в исходном сырье, солевой состав, температура и давление.

На рисунке 1 представлена технологическая схема очистки воды с использованием мембранных технологий.

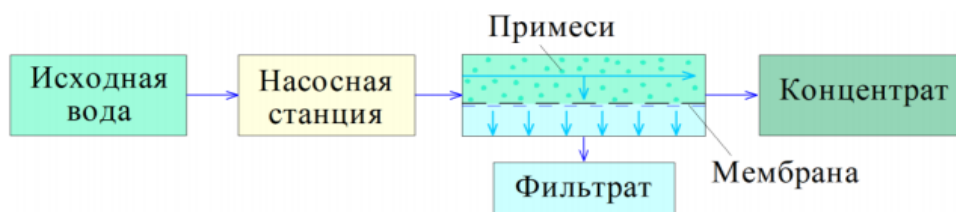


Рисунок 1 – Технологическая схема очистки воды с применением мембранных технологий

В последние годы исследования недорогих природных минеральных адсорбентов усилились, и были исследованы различные минералы для удаления тяжелых металлов, а именно: кремнезем, каолинит, оксид железа, цеолит, глинистые минералы, кварц и пемза [11–16].

Песчаный минерал также считается очень важным адсорбентом из-за его большой площади поверхности со структурными и зависящими от pH зарядами, развивающимися на его поверхности [17].

Песок широко используется в качестве экономичного адсорбента по сравнению с другими адсорбентами или материалами [18, 19].

В работах ученых в качестве адсорбата использовали песок, который эффективно очищает воду и сточные воды в песчаных фильтрах и реакторах с псевдоожиженным слоем [20].

Многие ученые также считают, что одним из эффективных методов является сорбционная очистка воды. Обычная последовательность процессов физико-химической очистки воды следующая: аэрация – коагуляция – отстаивание (флотация) – фильтрование – сорбция. Сорбционная обработка является «финишной» операцией после очистки воды от грубодисперсных, коллоидных частиц и растворенных примесей [21-23].

В этом направлении весьма перспективным является применение некоторых глин для очистки воды благодаря их высокой сорбционной и ионообменной активности.

Существует комплекс признаков, по которым можно классифицировать адсорбенты: структурное состояние, размеры пор, характер их распределения по размерам, форма частиц глинистых минералов и пор [24].

Монтмориллонитовая глина относится к сорбентам с изменяющимся в процессе адсорбции размерами микропор и с расширяющейся элементарной ячейкой; параметр кристаллической ячейки минерала может увеличиваться на 3-10 Å. В межпакетное пространство монтмориллонита внедряется один или несколько молекулярных слоев адсорбируемого вещества.

Ученые Таджикистана доказали, что природные бентонитовые (монтмориллонитовые) глины, относящиеся к алюмосиликатному сырью, которые при соответствующей обработке могут успешно использоваться как высокоэффективные сорбенты для опреснения воды. По мнению авторов, использование активированных бентонитовых глин резко уменьшает жесткость воды, по сравнению с исходными, примерно в 8-10 раз, что, по-видимому, является результатом резкого увеличения сорбционной емкости активированных бентонитов [25].

Причина постепенного повышения эффективности очистки заключается в следующем. Процесс опреснения природных вод с использованием природного минерального сырья, основан на поглощении растворенных минеральных солей поверхностью зерен глины. В связи с тем, что гидрофильность некоторых точек зерна минерала неодинакова, поверхность сорбента «мозаична», следовательно, минеральные соли будут задерживаться, в основном, в тех местах поверхности, у которых слабо выражены гидрофильные свойства и около которых гидратная оболочка имеет минимальное значение [26].

В 2005 году впервые было предложено адсорбционное опреснение, и с тех пор были исследованы различные пористые материалы, разработаны и применены различные режимы адсорбции.

Адсорбционное опреснение представляет собой процесс фазового переноса, который происходит на границе раздела между твердым телом и водной фазой, где ионы соли (адсорбат) адсорбируются на поверхности пористых твердых тел (адсорбента) посредством физических взаимодействий (таких как взаимодействие Ван-дер-Ваальса и водородные связи) и/или химических связей.

Адсорбция может быть обращена вспять, т.е. десорбцией, особенно физической адсорбцией, для регенерации адсорбента, что является ключевым для разработки практических процессов.

Пористые материалы обладают уникальным набором свойств, таких как высокая удельная площадь и объем пор, а также проницаемость для жидкости, и, следовательно, обеспечивают высокую адсорбционную емкость, быструю кинетику адсорбции и хорошую селективность.

Эффективность адсорбционной очистки достигает 80-95% и зависит от химической природы адсорбента, величины адсорбционной поверхности и ее доступности, от химического строения вещества и его состояния в растворе [27].

При этом особое внимание уделяется сорбционным системам, где в качестве сорбентов используются природные минералы различного происхождения и структуры [28].

Многие годы исследователи уделяют большое внимание дисперсным кремнеземам как сорбентам и носителям катализаторов широкого спектра применения.

В связи с их высокими адсорбционными, ионообменными и фильтрационными свойствами, появлением методов регулирования их геометрической структуры и химической природы поверхности, наличием крупных промышленных месторождений целесообразно использование природных минералов в водоочистке [29].

Для очистки сточных вод в качестве адсорбента наибольший интерес представляет дисперсный кремнезём – опока, который представляет собой плотные образования, отличающиеся высокой термостабильностью. Опоки отличаются уникальными свойствами, такими как адсорбционные, фильтрационные, ионообменные [30].

Всё это делает экологически и экономически выгодным использование данного природного сорбента в процессах очистки сточных вод [31-34].

В целом, высокая площадь поверхности часто рассматривается как важная характеристика для улучшения адсорбционной способности, поскольку адсорбция связана с взаимодействием между молекулами примесей и поверхностью адсорбента. Однако поверхность, особенно внутренняя поверхность, пористых материалов должна быть доступна молекулам примеси. Площадь поверхности пористых материалов зависит от размеров пор, т.е. площадь поверхности увеличивается по мере уменьшения усредненного размера пор.

Опять же, доступность пористой сети жизненно важна для приложений. Для обеспечения быстрой кинетики адсорбции усредненный размер пор материала должен быть больше, чем кинетический диаметр молекул примесей. Если в материале присутствуют вторичные поры, то поровая сеть должна быть иерархической, чтобы обеспечить улучшенный доступ примесей к поверхности сорбента.

Бытовой и сельскохозяйственный секторы требуют большого количества пресной воды, поэтому им следует уделять больше внимания. В дополнение к этому, потребление воды человеком остается самым низким по сравнению с животноводством и ирригацией.

В мире с точки зрения продуктивности пресной воды системы опреснения можно разделить на три категории: крупномасштабные системы опреснения (LSD), системы среднего опреснения (MSD) и мелкомасштабные системы опреснения (SSD). Системы с производительностью пресной воды менее 25 м³/сут относятся к категории систем SSD [35-38].

Заводы по производству ЛСД имеют множество экологических проблем, а также требуют большого количества энергии для транспортировки и распределения.

Высокий спрос в бытовом и сельскохозяйственном секторах, экологические проблемы, связанные с установками LSD, а также энергия, необходимая для передачи и распределения пресной воды в жилых районах, привели к рассмотрению вопроса о развертывании систем производства пресной воды SSD в жилых и сельских общинах.

В рамках этих систем также можно очищать и использовать сточные и бытовые сточные воды. Кроме того, эти системы надежны, просты в эксплуатации и могут быть расположены в изолированных населенных пунктах, не требуя высоких трудозатрат [39,40]. Производительность систем SSD может варьироваться от нескольких л/сут до нескольких м³/сут.

В настоящее время опреснительные установки во всем мире в основном основаны на мембранных технологиях, включая обратный осмос (RO), прямой осмос (FO), нанофильтрацию (NF) и мембранную дистилляцию (MD), на долю которых приходится 2,2 млн м³·д⁻¹ годовой контрактной мощности в 2017 году и более 59% от общей мощности опреснения (для сравнения, термические процессы составляют всего 0,1 млн м³·д⁻¹).

Таким образом, количество установленных установок по опреснению воды значительно возросло в странах с дефицитом воды за последнее десятилетие [41-43].

На сегодняшний день по всему миру построено более 20 000 установок, и ожидаемые инвестиции в размере 10 миллиардов долларов США в течение следующих пяти лет добавят 5,7 миллиона кубических метров в день новых производственных мощностей. Ожидается, что к 2030 году эта мощность даже удвоится.

Поэтому обеспечение пресной водой отдаленных сельскохозяйственных угодий в Казахстане путем очистки и опреснения минерализованных подземных вод на мелкомасштабных мобильных установках с применением природных адсорбционных материалов является актуальной задачей.

Хотя в литературе имеется несколько обзоров современных технологий опреснения, включая краткие обзоры материалов в адсорбционном опреснении, систематическое обсуждение современных пористых адсорбционных материалов для опреснения отсутствует.

Следует отметить, что в настоящее время недостаточно исследовано по использованию модифицированных кремнистых пород – опоки Западного Казахстана в процессе очистки и опреснения высокоминерализованных подземных вод на мелкомасштабных мобильных установках.

Целью работы является создание гранулированного водостойкого минерального сорбента на основе модифицированной кремнистой породы – опоки Западного Казахстана и разработка модульной лабораторной установки для опреснения минерализованной подземной воды.

Материалы и методы исследования. В качестве основного сырьевого материала использована кремнистая порода – опока Таскалинского месторождения. Физико-механические и химико-минералогические характеристики данного материала достаточно хорошо изучены и отражены в опубликованных трудах ученых [44, 45].

Для повышения водостойкости модифицированных гранул сорбентов при фильтрации воды внутри картриджа при работе модульной экспериментальной установки для очистки и опреснения подземной воды использовали метод создания полимерной матрицы с применением поливинилового спирта. Поливиниловый спирт (ПВС) – водорастворимый синтетический полимер – образует стабильный и кристаллизующийся гидрогель методом замораживания – оттаивания. Гидрогель ПВС обладает высокой механической прочностью, биосовместимостью, имеет вязкоупругую природу, нетоксичен и экономичен.

Для оценки влияния на характеристику набухания были приготовлены следующие смеси гидрогелей: ПВС 1, 5, 10 мас. % приготовлены путем растворения порошковых материалов в дистиллированной воде при 95°C для ПВС при постоянном перемешивании при 20°C.

Затем полученные растворы смешивали в массовом соотношении (ПВС/Сорбент) 90/10 при перемешивании и пропускании данной смеси через гранулятор (рис. 2).

Полученные гранулы высушивали в сушильном шкафу при 60°C в течение 1 ч.



Рисунок 2 – Общий вид гранулятора марки DELTA ME 300

Полученный таким образом гранулированный модифицированный сорбент (рис. 3) имеет 100%-ную водостойкость, что гарантированно может фильтровать воду без разрушения внутри картриджа. При этом обеспечивается безопасная работа модульной экспериментальной установки для опреснения и очистки воды.



а)



б)

Рисунок 3 – Модифицированные гранулы сорбентов: а) термомодифицированный при $T = 400^{\circ}\text{C}$, б) то же при $T = 500^{\circ}\text{C}$.

Результаты исследований. Работы по разработке модульной лабораторной установки для опреснения минерализованной подземной воды осуществлялись в два этапа. На первом этапе разработана конструкция картриджа. Разрабатываемый картридж состоит из корпуса, перфорированной трубки и головки. Головка картриджа включает вход и выход воды через фильтрующую загрузку.

При этом фильтрующей загрузкой является модифицированный гранулированный сорбент диаметром 1,0-1,5 мм.

В качестве корпуса картриджа использовали стандартные прозрачные пластиковые колбы бытовых фильтров, используемых для доочистки питьевой воды.

Перфорированную трубку для картриджа для разработанных модифицированных сорбентов изготовили из пластика с помощью 3D принтера. Перфорированную трубку изготовили в двух вариантах. При этом диаметр отверстия трубки для картриджа составляет 0,5 мм с шагом 1,0 мм, что позволяет полностью задерживать гранулы модифицированного сорбента и обеспечивать эффективную фильтрацию воды с приемлемой скоростью. В конструкции картриджа гранулы модифицированного сорбента располагаются между внутренней стенкой колбы и наружной стенки перфорированной трубки. Верхняя часть картриджа, соприкасающаяся с головкой, где осуществляется выход очищенной воды, снабжена сеткой из нержавеющей материала с отверстиями 0,8 мм. Такое конструктивное решение принято в связи необходимостью удержания гранул модифицированных сорбентов без задержки фильтрованной воды.

Картридж первого варианта имеет высоту 325 мм с диаметром 87,5 мм и предназначен для экспериментальной установки для опреснения и очистки минерализованной подземной воды.

На рисунке 4 представлен конструктивный чертеж картриджа для фильтрации воды.

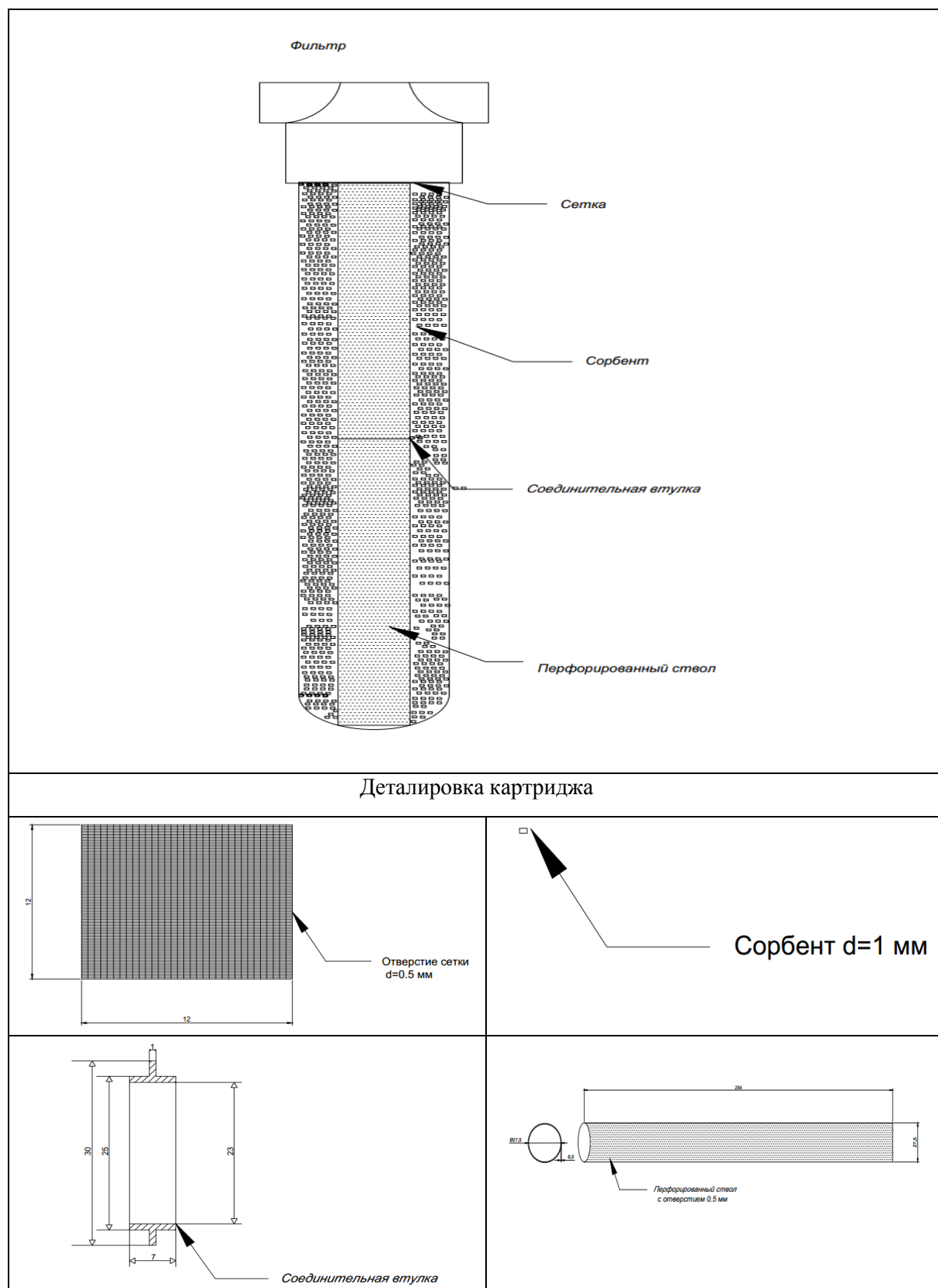


Рисунок 4 – Конструктивный чертеж картриджа для фильтрации воды

Далее была разработана технологическая схема экспериментальной установки для опреснения и очистки воды (рис. 5).

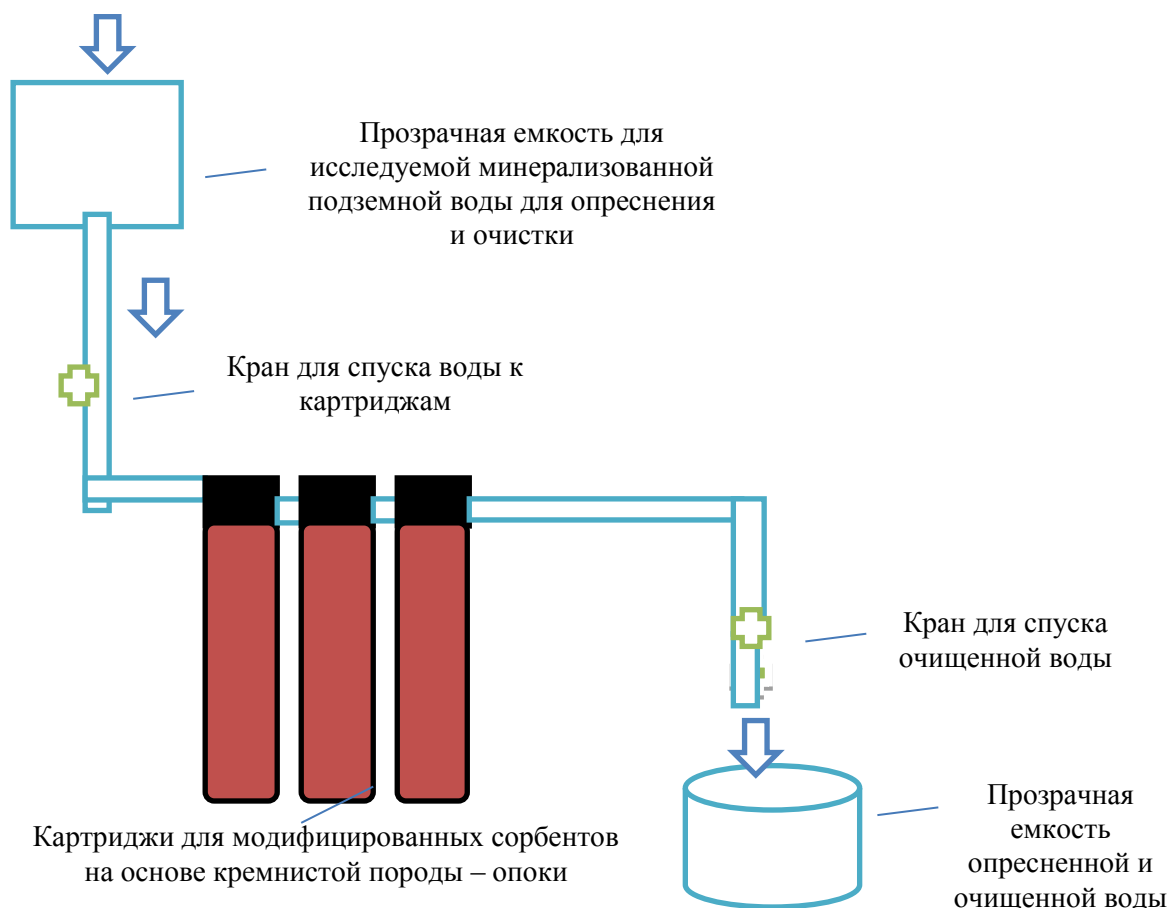


Рисунок 5 – Технологическая схема экспериментальной установки для опреснения и очистки воды

На основе разработанной схемы создана экспериментальная установка для опреснения и очистки воды, позволяющая исследовать степень очистки воды различного химического состава и загрязнения. На этой установке проводились научно-экспериментальные работы по исследованию воды различного химического состава с целью очистки с помощью разработанных составов модифицированных сорбентов на основе кремнистой породы опоки.

В зависимости от химического состава и степени загрязнения можно разрабатывать новые составы сорбентов для их очистки (рис. 6).

При этом емкость для исследуемой воды установлена на высоте 2,5 м для того, чтобы создать необходимый естественный напор воды для фильтрации через модифицированные гранулированные сорбенты на основе кремнистой породы – опоки.



Рисунок 6 – Разработанная экспериментальная модульная лабораторная установка для опреснения и очистки воды с использованием модифицированных сорбентов на основе кремнистой породы - опоки

Дальнейшим этапом исследования явилось изучение степени солесодержания и общего солесодержания высокоминерализованной подземной воды месторождения «Аккурай» Казталовского района ЗКО до и после очистки.

Определение исследуемых параметров осуществлялось с помощью кондуктометра марки «Марк 603». Данный кондуктометр предназначен для измерения удельной электрической проводимости (УЭП), массовой концентрации соли водных растворов в пересчете на NaCl (в дальнейшем солесодержания), температуры воды и водных растворов. Кондуктометр позволяет осуществлять измерение абсолютной УЭП и УЭП, приведенной к 25°C (УЭП 25).

Диапазон измерения кондуктометра на солесодержания (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) мг/дм³ (от 0 до 1 000), а общего солесодержания (TDS), мг/дм³ (от 0 до 20 000). Для сравнения исследуемых параметров воды в таблице 1 приведены значения общего солесодержания (TDS).

Для сравнительного анализа к очистке подвергались водопроводная вода и три пробы подземной воды месторождения «Аккурай». Процесс фильтрации воды осуществлялся с помощью разработанной экспериментальной модульной лабораторной установки (см. рис. 6).

Все измерения исследуемых вод с помощью кондуктометра марки «Марк 603» производились до и после фильтрации через гранулированный водостойкий минеральный сорбент на основе модифицированной кремнистой породы – опоки Западного Казахстана.

Результаты проведенных научно-экспериментальных работ приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Значения общего солесодержания (TDS)

Параметры, мг/дм ³	Пояснение
<50	Очень низкое содержание, подходит для питья, но может оказать неблагоприятное воздействие на вкусовые свойства воды.
50-150	Оптимальное содержание для питьевой воды.
150-300	Приемлемое содержание для воды, используемой в быту и в некоторых промышленных процессах, но может оказывать влияние на вкус и качество питьевой воды.
300-500	Удовлетворительное качество воды для питья, однако на этом уровне необходимо учитывать возможное наличие нежелательных примесей.
500-1000	Воду с таким содержанием рекомендуется использовать только для технических нужд или после дополнительной очистки.
>1000	Слишком высокое содержание, вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки.

Таблица 2 – Результаты очистки воды с использованием гранулированного водостойкого минерального сорбента на основе модифицированной кремнистой породы – опоки Западного Казахстана

Параметры, мг/дм ³	Пояснение
<50	Очень низкое содержание, подходит для питья, но может оказать неблагоприятное воздействие на вкусовые свойства воды.
50-150	Оптимальное содержание для питьевой воды.
150-300	Приемлемое содержание для воды, используемой в быту и в некоторых промышленных процессах, но может оказывать влияние на вкус и качество питьевой воды.
300-500	Удовлетворительное качество воды для питья, однако на этом уровне необходимо учитывать возможное наличие нежелательных примесей.
500-1000	Воду с таким содержанием рекомендуется использовать только для технических нужд или после дополнительной очистки.
>1000	Слишком высокое содержание, вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки.

Как показывает результаты исследований водопроводная вода, поступающая из городского водопровода до фильтрации по общему солесодержанию (TDS) составляет 600 мг/дм³, а по солесодержанию (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) составило 384 мг/дм³. Эти данные, согласно значениям общего солесодержания (TDS) (табл. 1), соответствуют категории 300-500 мг/дм³. При этом качество воды характеризуется как удовлетворительное качество воды для питья, однако на этом уровне необходимо учитывать возможное наличие нежелательных примесей. После фильтрации значения водопроводной воды по солесодержанию (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) и по общему солесодержанию (TDS) составило 268 мг/дм³ и 220 мг/дм³ соответственно. В результате фильтрации водопроводная вода по общему солесодержанию (TDS) перешла в категорию 150-300, что соответствует к приемлемому содержанию для воды, используемой в быту и в некоторых промышленных процессах, но может оказывать влияние на вкус и качество питьевой воды.

Что касается качества подземной воды месторождения «Аккурай» то до очистки все три пробы имеет высокие показатели по общему солесодержанию (TDS). Эти показатели находятся в пределах от 2905 до 3648 мг/дм³. По значению общего солесодержания (TDS) данная вода относится к категории с слишком высоким общим солесодержанием и вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки. Самое высокое общее солесодержание до фильтрации обнаружено у пробы воды № 3 и составляет 3648 мг/дм³.

После фильтрации у всех трех проб наблюдается снижение показателей солесодержания (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) и по общему солесодержанию (TDS). В целом снижение составляет в пределах 30-33%, что является значительным достижением касательно снижения показателей солесодержания высокоминерализованных подземных вод. Однако эти снижения недостаточны для использования их для хозяйственных и питьевых нужд. Поэтому авторы исследований продолжают вести научно-экспериментальные работы по модификации разработанных гранулированных минеральных сорбентов с целью достижения ожидаемых результатов.

Закключение. 1) Разработана конструкция картриджа, которая состоит из корпуса, перфорированной трубки и головки. Головка картриджа включает вход и выход воды через фильтрующую загрузку. При этом фильтрующей загрузкой является модифицированный гранулированный сорбент диаметром 1,0-1,5 мм. В качестве корпуса картриджа использованы стандартные прозрачные пластиковые колбы бытовых фильтров, предназначенных для доочистки питьевой воды. Перфорированная трубка для картриджа для разработанных модифицированных сорбентов изготовлена из пластика с помощью 3D принтера. Верхняя часть картриджа, соприкасающаяся с головкой, где осуществляется выход очищенной воды, снабжена сеткой из нержавеющей стали с отверстиями 0,8 мм. Такое конструктивное решение принято в связи необходимостью удержания гранул модифицированных сорбентов без задержки фильтрованной воды; 2) Создана экспериментальная установка для опреснения и очистки воды, позволяющая исследовать степень очистки воды различного химического состава и загрязнения. На этой установке появляется возможность вести научно-экспериментальные работы по исследованию воды различного химического состава с целью очистки с помощью разработанных составов модифицированных сорбентов на основе кремнистой породы – опоки; 3) С помощью кондуктометра марки «Марк 603» исследованы водопроводная вода и три пробы подземной воды месторождения «Аккурай». В результате фильтрации водопроводная вода по общему солесодержанию (TDS) перешла в категорию 150-300, что соответствует к приемлемому содержанию для воды, используемой в быту и в некоторых промышленных процессах, но может оказывать влияние на вкус и качество питьевой воды; 4) Установлено, что все три пробы воды месторождения «Аккурай» по значению общего солесодержания (TDS) относятся к категории с слишком высоким общим солесодержанием и вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки. Самое высокое общее солесодержание до фильтрации обнаружено у пробы воды № 3 и составляет 3648 мг/дм³; 5) Установлено, что после фильтрации у всех трех проб наблюдается снижение показателей солесодержания (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) и по общему солесодержанию (TDS). В целом снижение составляет в пределах 30-33%, что является

значительным достижением касательно снижения показателей солесодержания высокоминерализованных подземных вод.

Благодарности. Данное исследование выполнено в рамках исполнения проекта грантового финансирования по теме № AP19679003 «Разработка технологии обводнения с опреснением минерализованных подземных вод путем фильтрации с использованием природных неуглеродных модифицированных сорбентов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Arnell, Nigel W. Climate change and global water resources [Text] / Nigel W. Arnell // Global Environmental Change Volume 9, Supplement 1, October 1999, Pages S31-S49.

2 Chapagain, Kaushal. Urban water security: A comparative assessment and policy analysis of five cities in diverse developing countries of Asia [Text] / Kaushal, Chapagain, Hassan Tolba Aboelnga, Mukand S. Babel, Lars Ribbe, Victor R. Shinde, Devesh Sharma, Nguyen Mai Dang // Environmental Development Volume 43, September 2022, 100713.

3 Barati, Ali Akbar. Water crisis in Iran: A system dynamics approach on water, energy, food, land and climate (WEFLC) nexus [Text] / Ali Akbar Barati, Milad Dehghani Pour, Mohsen Adeli Sardooei // Science of The Total Environment Volume 882, 15 July 2023, 163549.

4 Zhong, Xing. Efficient and rapid capture of uranium (VI) in wastewater via multi-amine modified β -cyclodextrin porous polymer [Text] / Xing Zhong, Yubin Tan, Siyuan Wu, Caixia Hu, Kai Guo, Yongchuan Wu, Neng Yu, Mingyang Ma, Ying Dai // Chinese Journal of Chemical Engineering. - Volume 68, April - 2024, Pages 144-155.

5 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России [Текст] / В.Н. Щедрин [и др.]; под общ. ред. В.Н. Щедрина // М.: Мелиоводинформ, 2009. - 342 с.

6 Иванкова, Т.В. Опыт эффективного управления водными ресурсами в условиях дефицита (на примере Израиля) [Текст] / Т.В. Иванкова // Астраханский вестник экологического образования. - 2018. - № 1(43). - С. 78–88.

7 Талалаева, В.Ф. Обзор методов и технологий опреснения воды для целей питьевого водоснабжения [Текст] / В.Ф. Талалаева // Экология и водное хозяйство. - 2022. - Т. 4, № 4. - С. 84–100.

8 Турганалиев, С.Р. Оценка состояния пастбищных угодий [Текст] / С.Р. Турганалиев, О.Ж. Сагымбай // География и водные ресурсы. 2020. № 1. С. 81-86.

9 Хожанов, Н.Н. Некоторые вопросы обводнения пастбищ в Казахстане [Текст] / Н.Н. Хожанов, М.С. Мирдадаев, Т.Ш. Устабаев, Б.Д. Исмаилов, Т.М. Кабыл // В сборнике: Актуальные проблемы науки и техники. Инноватика. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 49-58.

10 Безбородов, Ю.Г. Обводнение отгонных пастбищ аридной зоны Республики Казахстан [Текст] / Ю.Г. Безбородов, Н.Н. Балгабаев, Н.Н. Хожанов, Т.Ш. Устабаев // Природообустройство. 2022. № 3. С. 27-34.

11 Alshameri, A. A review of the role of natural clay minerals as effective adsorbents and an alternative source of minerals [Text] / A. Alshameri, X. Wei, H. Wang, Y. Fuguo, X. Chen, H. He, C. Yan, F. Xu // Minerals 2019, 3, 49–64.

12 Tarasevich, Y.I. Application of natural adsorbents and adsorption-active materials based thereon in the processes of water purification [Text] / Y.I. Tarasevich // In Studies in Surface Science and Catalysis; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. - 1999; Volume 120, pp. 659–722.

13 Mustapha, S. The role of kaolin and kaolin/ZnO nanoadsorbents in adsorption studies for tannery wastewater treatment [Text] / S. Mustapha, J. Tijani, M. Ndamitso, S. Abdulkareem, D. Shuaib, A. Mohammed, A. Sumaila // Sci. Rep. - 2020, 10, 13068.

14 Zhang, Q. Removal of ammonium and heavy metals by cost-effective zeolite synthesized from waste quartz sand and calcium fluoride sludge [Text] / Q. Zhang, B. Lin, J. Hong, C.-T. Chang // Water Sci. Technol. - 2017, 75, PP. 587–597.

15 Ouyang, D. Research on the adsorption behavior of heavy metal ions by porous material prepared with silicate tailings [Text] / D. Ouyang, Y. Zhuo, L. Hu, Q. Zeng, Y. Hu, Z. He // Minerals. - 2019, 9, 291.

- 16 Burham, N. Adsorption behavior of Cd²⁺ and Zn²⁺ onto natural Egyptian bentonitic clay [Text] / N. Burham, M. Sayed // Minerals. - 2016, 6, 129.
- 17 Awan, M.A. Removal of heavy metals through adsorption using sand [Text] / M.A. Awan, I.A. Qazi, I. Khalid // J. Environ. Sci. - 2003, 15, PP. 413–416.
- 18 Diels, L. Heavy metals removal by sand filters inoculated with metal sorbing and precipitating bacteria [Text] / L. Diels, P. Spaans, S. Van Roy, L. Hooyberghs, A. Ryngaert, H. Wouters, E. Walter, J. Winters, L. Macaskie, J. Finlay // Hydrometallurgy. - 2003, 71, PP. 235–241.
- 19 Abbasi, M. Enhanced adsorption of heavy metals in groundwater using sand columns enriched with graphene oxide: Lab-scale experiments and process modeling [Text] / M. Abbasi, E. Safari, M. Baghdadi, M. Janmohammadi // J. Water Process Eng. - 2021, 40, 101961.
- 20 Zhou, P. Heavy metal removal from wastewater in fluidized bed reactor [Text] / P. Zhou, J.-C. Huang, A.W. Li, S. Wei // Water Res. - 1999, 33, PP. 1918–1924.
- 21 Каныгина, О.Н. К вопросу о сорбционной очистке воды монтмориллонит содержащей глиной [Текст] / О.Н. Каныгина, А.Г. Четверикова, А.Д. Стрекаловская, О.В. Варламова // Вестник ОГУ. - №9 (170)/сентябрь 2014. – С. 160 -163.
- 22 Гончарук, А.Ю. Исследование сорбционных процессов на природных минералах и их термомодифицированных формах [Текст] / А.Ю. Гончарук, А.П. Ильин // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26. – №3. – С. 287–298.
- 23 Хресанов, В.А. Геологическое строение и полезные ископаемые Белгородской области [Текст] / В.А. Хресанов, А.Н. Петин, М.М. Яковчук // Белгород: Изд-во БелГУ, 2000. – 245 с.
- 24 Сальникова, Е.В. Методы концентрирования и разделения микроэлементов [Текст] / Е.В. Сальникова, М.Л. Мурсалимова, А.В. Стряпков // Оренбург: ОГУ, 2005. – 157 с.
- 25 Эмомов, К.Ф. Физико-химические основы кислотного разложения бентонитовых глин [Текст] / К.Ф. Эмомов // Автореф. дисс. ...к.т.н. - Душанбе, 2006, 21 с.
- 26 Серпокрылов, Н.С. Доочистка шахтных вод на фильтрах с песчаной загрузкой [Текст] / Н.С. Серпокрылов, С.А. Щербаков // Инженерный вестник Дона, 2011, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2011/434/.
- 27 Кондрашова, А.В. Физико-химические и адсорбционные свойства опоки и применение её в очистке сточных вод [Текст] / А.В. Кондрашова, Р.И. Кузьмина // Международный научно-исследовательский журнал, 2017, № 6-2. URL: research-journal.org/chemistry/fiziko-ximicheskie-i-adsorbcionnye-svoystva-opoki-i-primenenie-eyo-v-ochistke-stochnyx-vod.
- 28 Кондрашова А.В. Адсорбционные исследования дисперсного кремнезёма – опоки [Текст] / А.В. Кондрашова, Р.И. Кузьмина // Успехи современной науки и образования, 2016, №7-1 URL: elibrary.ru/download/elibrary_25447229_14830911.pdf.
- 29 Латыпова, Ф.М. Исследование адсорбционных свойств природных сорбентов для очистки сточных вод [Текст] / Ф.М. Латыпова, Л.Х. Арасланова, И.И. Лукманов // «Булатовские чтения»: II Международная научно-практическая конференция – Краснодар: «Издательский Дом – Юг», 2018, том 5, с. 155-158.
- 30 Двадненко, М.В. Адсорбционная очистка сточных вод [Текст] / М.В. Двадненко, Н.М. Привалова, И.Ю. Кудаева // Современные наукоёмкие технологии, 2010, №10 URL: elibrary.ru/download/elibrary_15121856_18732430.pdf.
- 31 Renman, A., 2009. Metal removal by bed filter materials used in domestic wastewater treatment [Text] / A. Renman, G. Renman, J.P. Gustafsson // Journal of Hazardous Materials, 166, Pp. 734 – 739.
- 32 Lin, S.H., 2002. Heavy metal removal from water by sorption using surfactant-modified montmorillonite [Text] / S.H. Lin, R.S. Yang // Journal of Hazardous Materials, 92, 3, Pp. 315-326.
- 33 Хурамшина, И.З. Химическая активация природных минеральных сорбентов на основе опал-кристобалитовых пород Свердловской области [Текст] / И.З. Хурамшина, А.Ф. Никифоров, И.Л. Ушакова // Бутлеровские сообщения, 2016, 47, № 8. - с. 125-132.
- 34 Prabhakar, S. “Management and feasibility of reverse-osmosis schemes for rural water-supply in India” (in English) [Text] / S. Prabhakar, R.N. Patra, B.M. Misra, M.P.S. Ramani // Desalination 73 (1–3) (Nov 1989) 37–46, [https://doi.org/10.1016/0011-9164\(89\)87003-1](https://doi.org/10.1016/0011-9164(89)87003-1).

35 Abbosh, F.G. “Design and performance of the worlds largest operating dual-purpose sea-water desalting plant” (in English) [Text] / F.G. Abbosh, I. Kamal, S. Chalchal, H. Gerke // Desalination 45 (May) (1983) 223–230 [Online]. Available: [://WOS: A1983QP21900031](#).

36 Alkhadra, M.A. “Small-scale desalination of seawater by shock electrodialysis” (in English) [Text] / M.A. Alkhadra, T. Gao, K.M. Conforti, H.H. Tian, M.Z. Bazant // Desalination 476 (Feb 15 2020) doi:ARTN 114219 10.1016/j.desal.2019.114219.

37 Shoeibi, S. “A comprehensive review on performance improvement of solar desalination with applications of heat pipes” (in English) [Text] / S. Shoeibi, S.A.A. Mirjalily, H. Kargarsharifabad, M. Khiadani, H. Panchal // Desalination 540 (Oct 15 2022) doi: ARTN 115983 10.1016/j.desal.2022.115983.

38 Mezher, T. “Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies” (in English) [Text] / T. Mezher, H. Fath, Z. Abbas, A. Khaled // Desalination 266 (1–3) (Jan 31 2011) 263–273, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.08.035>.

39 Sharma, A.K. “Decentralised systems - definition and drivers in the current context” (in English) [Text] / A.K. Sharma, G. Tjandraatmadja, S. Cook, T. Gardner // Water Sci. Technol. 67 (9) (2013) 2091–2101, <https://doi.org/10.2166/wst.2013.093>.

40 Benhalima, Tayeb. Synergistic adsorption/photodegradation effect for effective removal of crystal violet dye and acetamiprid pesticide using Fe³⁺ cross-linked ternary carboxymethyl cellulose/polyaniline/TiO₂ photocomposites [Text] / Tayeb Benhalima, Moussa Mokhtari, Hafida Ferfera-Harrar // Journal of Water Process Engineering, January 2024, 104670.

41 Khanzada a, Aysha Khan. Hydrochar-nanoparticle integration for arsenic removal from wastewater: Challenges, possible solutions, and future horizon [Text] / Aysha Khan Khanzada a, Hussein E. Al-Hazmi a, Bogna Snjatala a, Tommy Muringail Joseph b, Joanna Maytach a, Samir AM Abdulrahman c, Said S. Albasir d, Tony Agustiono Kurniawan e, Zohre Rahimi-Akhar f, Sajjad Habibzadeh g, Jacek Mionkinia // Environmental Research Volume 238, Part 1, December 1, 2023, 117164.

42 Ramos-Guivar, Juan A. Synergetic effect between zeolite 5 A and maghemite nanoparticles for fast lead uptake from the Peruvian river Cumbaza: Study of surface adsorption mechanism using X-ray photoelectron spectroscopy [Text] / Juan A. Ramos-Guivar, Noemi-Raquel Checca-Huaman, F. Jochen Litterst, Edson C. Passamani // Applied Surface Science Advances Volume 18, December 2023, 100489.

43 Монтаева, Н.С. Химико-минералогическая и биологическая оценка кремнистой породы – опоки Западно - Казахстанской области с целью использования их в качестве минеральной добавки и профилактики заболеваний сельскохозяйственных животных и птиц [Текст] / Н.С. Монтаева // Наука и образование - № 1 (54) 2019. - С. 301-306.

44 Montayev, Sarsenbek Aliakbaruly. Prospects of creating the technology of composite adsorbent for water purification based on the composition of siliceous and clay rocks of kazakhstan [Text] / Sarsenbek Aliakbaruly Montayev, Ainura Sarsenbekovna Montayeva, Nurgul Bolatovna Adilova, Altynay Bakytzhanovna Shinguzhiyeva, Nurgul Sarsenbekovna Montayeva, Azamat Tulepkaliyevich Taskaliyev // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 9, Issue 1, January 2018, pp. 805–813.

45 Montaeв, S.A. Purification of underground water using sorbent based on silicony rock-flask of west kazakhstan [Text] / S.A. Montaeв, S.S. Satayeva, K.A. Narikov, M.B. Mambetova, D.S. Nazarova // Rasayan Journal of Chemistry, 2022, 15(2), pp. 1439–1444.

REFERENCES

1 Arnell, Nigel W. Climate change and global water resources [Text] / Nigel W. Arnell // Global Environmental Change Volume 9, Supplement 1, October 1999, Pages S31-S49.

2 Chapagain, Kaushal. Urban water security: A comparative assessment and policy analysis of five cities in diverse developing countries of Asia [Text] / Kaushal, Chapagain, Hassan Tolba Aboelnga, Mukand S. Babel, Lars Ribbe, Victor R. Shinde, Devesh Sharma, Nguyen Mai Dang // Environmental Development Volume 43, September 2022, 100713.

3 Barati, Ali Akbar. Water crisis in Iran: A system dynamics approach on water, energy, food, land and climate (WEFLC) nexus [Text] / Ali Akbar Barati, Milad Dehghani Pour, Mohsen Adeli Sardooei // Science of The Total Environment Volume 882, 15 July 2023, 163549.

- 4 Zhong, Xing. Efficient and rapid capture of uranium (VI) in wastewater via multi-amine modified β -cyclodextrin porous polymer [Text] / Xing Zhong, Yubin Tan, Siyuan Wu, Caixia Hu, Kai Guo, Yongchuan Wu, Neng Yu, Mingyang Ma, Ying Dai // Chinese Journal of Chemical Engineering. - Volume 68, April - 2024, Pages 144-155.
- 5 Problemy i perspektivy ispol'zovaniya vodnyh resursov v agropromyshlennom komplekse Rossii [Tekst] / V.N. SHCHedrin [i dr.]; pod obshch. red. V.N. SHCHedriny // M. : Melioinform, 2009. - 342 s.
- 6 Ivankova, T.V. Opyt effektivnogo upravleniya vodnymi resursami v usloviyah deficita (na primere Izrailiya) [Tekst] / T.V. Ivankova // Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. - 2018. - № 1(43). - S. 78–88.
- 7 Talalaeva, V.F. Obzor metodov i tekhnologij opresneniya vody dlya celej pit'evogo vodosnabzheniya [Tekst] / V.F. Talalaeva // Ekologiya i vodnoe hozyajstvo. - 2022. - T. 4, № 4. - S. 84–100.
- 8 Turganaliyev, S.R. Ocenka sostoyaniya pastbishchnyh ugodij [Tekst] / S.R. Turganaliyev, O.ZH. Sagymbaj // Geografiya i vodnye resursy. 2020. № 1. S. 81-86.
- 9 Hozhanov, N.N. Nekotorye voprosy obvodneniya pastbishch v Kazahstane [Tekst] / N.N. Hozhanov, M.S. Mirdadaev, T.SH. Ustabaev, B.D. Ismailov, T.M. Kabyl // V sbornike: Aktual'nye problemy nauki i tekhniki. Innovatika. Sbornik nauchnyh statej po materialam VI Mezhdunarodnoj nauno-prakticheskoy konferencii. Ufa, 2021. S. 49-58.
- 10 Bezborodov, YU.G. Obvodnenie otgonnyh pastbishch aridnoj zony Respubliki Kazahstan [Tekst] / YU.G. Bezborodov, N.N. Balgabaev, N.N. Hozhanov, T.SH. Ustabaev // Prirodoobustrojstvo. 2022. № 3. S. 27-34.
- 11 Alshameri, A. A review of the role of natural clay minerals as effective adsorbents and an alternative source of minerals [Text] / A. Alshameri, X. Wei, H. Wang, Y. Fuguo, X. Chen, H. He, C. Yan, F. Xu // Minerals 2019, 3, 49–64. [CrossRef]
- 12 Tarasevich, Y.I. Application of natural adsorbents and adsorption-active materials based thereon in the processes of water purification [Text] / Y.I. Tarasevich // In Studies in Surface Science and Catalysis; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. - 1999; Volume 120, pp. 659–722.
- 13 Mustapha, S. The role of kaolin and kaolin/ZnO nanoadsorbents in adsorption studies for tannery wastewater treatment [Text] / S. Mustapha, J. Tijani, M. Ndamitso, S. Abdulkareem, D. Shuaib, A. Mohammed, A. Sumaila // Sci. Rep. - 2020, 10, 13068. [CrossRef]
- 14 Zhang, Q. Removal of ammonium and heavy metals by cost-effective zeolite synthesized from waste quartz sand and calcium fluoride sludge [Text] / Q. Zhang, B. Lin, J. Hong, C.-T. Chang // Water Sci. Technol. - 2017, 75, PP. 587–597. [CrossRef]
- 15 Ouyang, D. Research on the adsorption behavior of heavy metal ions by porous material prepared with silicate tailings [Text] / D. Ouyang, Y. Zhuo, L. Hu, Q. Zeng, Y. Hu, Z. He // Minerals. - 2019, 9, 291. [CrossRef]
- 16 Burham, N. Adsorption behavior of Cd²⁺ and Zn²⁺ onto natural Egyptian bentonitic clay [Text] / N. Burham, M. Sayed // Minerals. - 2016, 6, 129.
- 17 Awan, M.A. Removal of heavy metals through adsorption using sand [Text] / M.A. Awan, I.A. Qazi, I. Khalid // J. Environ. Sci. - 2003, 15, PP. 413–416.
- 18 Diels, L. Heavy metals removal by sand filters inoculated with metal sorbing and precipitating bacteria [Text] / L. Diels, P. Spaans, S. Van Roy, L. Hooyberghs, A. Ryngaert, H. Wouters, E. Walter, J. Winters, L. Macaskie, J. Finlay // Hydrometallurgy. - 2003, 71, PP. 235–241.
- 19 Abbasi, M. Enhanced adsorption of heavy metals in groundwater using sand columns enriched with graphene oxide: Lab-scale experiments and process modeling [Text] / M. Abbasi, E. Safari, M. Baghdadi, M. Janmohammadi // J. Water Process Eng. - 2021, 40, 101961.
- 20 Zhou, P. Heavy metal removal from wastewater in fluidized bed reactor [Text] / P. Zhou, J.-C. Huang, A.W. Li, S. Wei // Water Res. - 1999, 33, PP. 1918–1924.
- 21 Kanygina, O.N. K voprosu o sorbcionnoj ochistke vody montmorillonit sodержashchej glinoj [Tekst] / O.N. Kanygina, A.G. CHetverikova, A.D. Strekalovskaya, O.V. Varlamova // Vestnik OGU. - №9 (170)/sentyabr'2014. - S. 160 -163.

- 22 Goncharuk, A.YU. Issledovanie sorbcionnyh processov na prirodnih mineralah i ih termomodificirovannyh formah [Tekst] / A.YU. Goncharuk, A.P. Il'in // Himiya i tekhnologiya vody. – 2004. – T. 26. – №3. – S. 287–298.
- 23 Hresanov, B.A. Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye Belgorodskoj oblasti [Tekst] / V.A. Hresanov, A.N. Petin, M.M. YAKOVCHUK // Belgorod: Izd-vo BelGU, 2000. – 245 s.
- 24 Sal'nikova, E.V. Metody koncentrirovaniya i razdeleniya mikroelementov [Tekst] / E.V. Sal'nikova, M.L. Mursalimova, A.V. Stryapkov // Orenburg: OGU, 2005. – 157 s.
- 25 Emomov, K.F. Fiziko-himicheskie osnovy kislotnogo razlozheniya bentonitovyh glin [Tekst] / K.F. Emomov // Avtoref. diss. ...k.t.n. - Dushanbe, 2006, 21 s.
- 26 Serpukrylov, N.S. Doochistka shahtnyh vod na fil'trah s peschanoj zagruzkoj [Tekst] / N.S. Serpukrylov, S.A. SHCHerbakov // Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/434/.
- 27 Kondrashova, A.V. Fiziko-himicheskie i adsorbcionnye svoystva opoki i primeneniye eyo v ochistke stochnyh vod [Tekst] / A.V. Kondrashova, R.I. Kuz'mina // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal, 2017, № 6-2. URL: research-journal.org/chemistry/fiziko-ximicheskie-i-adsorbcionnye-svoystva-opoki-i-primeneniye-eyo-v-ochistke-stochnyx-vod.
- 28 Kondrashova A.V. Adsorbcionnye issledovaniya dispersnogo kremnezyoma – opoki [Tekst] / A.V. Kondrashova, R.I. Kuz'mina // Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya, 2016, №7-1 URL: elibrary.ru/download/elibrary_25447229_14830911.pdf.
- 29 Latypova, F.M. Issledovanie adsorbcionnyh svoystv prirodnih sorbentov dlya ochistki stochnyh vod [Tekst] / F.M. Latypova, L.H. Araslanova, I.I. Lukmanov // «Bulatovskie chteniya»: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – Krasnodar: «Izdatel'skij Dom – YUg», 2018, tom 5, s. 155-158.
- 30 Dvadenko, M.V. Adsorbcionnaya ochistka stochnyh vod [Tekst] / M.V. Dvadenko, N.M. Privalova, I.YU. Kudaeva // Sovremennye naukoymkie tekhnologii, 2010, №10 URL: elibrary.ru/download/elibrary_15121856_18732430.pdf.
- 31 Renman, A., 2009. Metal removal by bed filter materials used in domestic wastewater treatment [Text] / A. Renman, G. Renman, J.P. Gustafsson // Journal of Hazardous Materials, 166, Pp. 734 – 739.
- 32 Lin, S.H., 2002. Heavy metal removal from water by sorption using surfactant-modified montmorillonite [Text] / S.H. Lin, R.S. Yang // Journal of Hazardous Materials, 92, 3, Pp. 315-326.
- 33 Huramshina, I.Z. Himicheskaya aktivaciya prirodnih mineral'nyh sorbentov na osnove opal-kristobalitovyh porod Sverdlovskoj oblasti [Tekst] / I.Z. Huramshina, A.F. Nikiforov, I.L. Ushakova // Butlerovskie soobshcheniya, 2016, 47, № 8. - s. 125-132.
- 34 Prabhakar, S. “Management and feasibility of reverse-osmosis schemes for rural water-supply in India” (in English) [Text] / S. Prabhakar, R.N. Patra, B.M. Misra, M.P.S. Ramani // Desalination 73 (1–3) (Nov 1989) 37–46, [https://doi.org/10.1016/0011-9164\(89\)87003-1](https://doi.org/10.1016/0011-9164(89)87003-1).
- 35 Abbosh, F.G. “Design and performance of the worlds largest operating dual-purpose sea-water desalting plant” (in English) [Text] / F.G. Abbosh, I. Kamal, S. Chalchal, H. Gerke // Desalination 45 (May) (1983) 223–230 [Online]. Available: [://WOS: A1983QP21900031](http://WOS:A1983QP21900031).
- 36 Alkhadra, M.A. “Small-scale desalination of seawater by shock electrodialysis” (in English) [Text] / M.A. Alkhadra, T. Gao, K.M. Conforti, H.H. Tian, M.Z. Bazant // Desalination 476 (Feb 15 2020) doi:ARTN 114219 10.1016/j.desal.2019.114219.
- 37 Shoeibi, S. “A comprehensive review on performance improvement of solar desalination with applications of heat pipes” (in English) [Text] / S. Shoeibi, S.A.A. Mirjalily, H. Kargarsharifabad, M. Khiadani, H. Panchal // Desalination 540 (Oct 15 2022) doi: ARTN 115983 10.1016/j.desal.2022.115983.
- 38 Mezher, T. “Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies” (in English) [Text] / T. Mezher, H. Fath, Z. Abbas, A. Khaled // Desalination 266 (1–3) (Jan 31 2011) 263–273, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.08.035>.
- 39 Sharma, A.K. “Decentralised systems - definition and drivers in the current context” (in English) [Text] / A.K. Sharma, G. Tjandraatmadja, S. Cook, T. Gardner // Water Sci. Technol. 67 (9) (2013) 2091–2101, <https://doi.org/10.2166/wst.2013.093>.
- 40 Benhalima, Tayeb. Synergistic adsorption/photodegradation effect for effective removal of crystal violet dye and acetamiprid pesticide using Fe³⁺ cross-linked ternary carboxymethyl

cellulose/polyaniline/TiO₂ photocomposites [Text] / Tayeb Benhalima, Moussa Mokhtari, Hafida Ferfera-Harrar // Journal of Water Process Engineering, January 2024, 104670.

41 Khanzada a, Aysha Khan. Hydrochar-nanoparticle integration for arsenic removal from wastewater: Challenges, possible solutions, and future horizon [Text] / Aysha Khan Khanzada a, Hussein E. Al-Hazmi a, Bogna Snjatala a, Tommy Muringail Joseph b, Joanna Maytach a, Samir AM Abdulrahman c, Said S. Albasir d, Tony Agustiono Kurniawan e, Zohre Rahimi-Akhar f, Sajjad Habibzadeh g, Jacek Mionkinia // Environmental Research Volume 238, Part 1, December 1, 2023, 117164.

42 Ramos-Guivar, Juan A. Synergetic effect between zeolite 5 A and maghemite nanoparticles for fast lead uptake from the Peruvian river Cumbaza: Study of surface adsorption mechanism using X-ray photoelectron spectroscopy [Text] / Juan A. Ramos-Guivar, Noemi-Raquel Checca-Huaman, F. Jochen Litterst, Edson C. Passamani // Applied Surface Science Advances Volume 18, December 2023, 100489.

43 Montaeva, N.S. Himiko-mineralogicheskaya i biologicheskaya ocenka kremnistoj porody – opoki Zapadno - Kazahstanskoy oblasti s cel'yu ispol'zovaniya ih v kachestve mineral'noj dobavki i profilaktiki zabolevanij sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i ptic [Tekst] / N.S. Montaeva // Nauka i obrazovanie - № 1 (54) 2019. - S. 301-306.

44 Montayev, Sarsenbek Aliakbaruly. Prospects of creating the technology of composite adsorbent for water purification based on the composition of siliceous and clay rocks of kazakhstan [Text] / Sarsenbek Aliakbaruly Montayev, Ainura Sarsenbekovna Montayeva, Nurgul Bolatovna Adilova, Altynay Bakytzhanovna Shinguzhiyeva, Nurgul Sarsenbekovna Montayeva, Azamat Tulepkaliyevich Taskaliyev // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 9, Issue 1, January 2018, pp. 805–813.

45 Montaeв, S.A. Purification of underground water using sorbent based on silicony rock-flask of west kazakhstan [Text] / S.A. Montaeв, S.S. Satayeva, K.A. Narikov, M.B. Mambetova, D.S. Nazarova // Rasayan Journal of Chemistry, 2022, 15(2), pp. 1439–1444.

ТҮЙІН

Корпустаң, перфорацияланған түтіктен және басынан тұратын картридждің конструкциясы жасалды. Картридждің басы сүзгі жүктемесі арқылы судың кіруі мен шығуын қамтиды. Бұл жағдайда сүзгі жүктемесі диаметрі 1,0-1,5 мм модификацияланған түйіршікті сорбент болып табылады. Картридж корпусы ретінде ауыз суды тазартуға арналған тұрмыстық сүзгілердің стандартты мөлдір пластикалық колбалары қолданылады. Дамыған модификацияланған сорбенттерге арналған перфорацияланған картридж түтігі 3D принтер көмегімен пластиктен жасалған. Картридждің жоғарғы бөлігі тазартылған судың шығуы жүзеге асырылатын басымен жанасады, 0,8 мм тесіктері бар тот баспайтын материалдан жасалған тормен жабықталған. Мұндай конструктивті шешім өзгертілген сорбенттердің түйіршіктерін сүзілген суды ұстамай ұстау қажеттілігіне байланысты қабылданды. Түрлі химиялық құрамдағы және ластанудағы суды тазарту дәрежесін зерттеуге мүмкіндік беретін суды тұщыландыру және тазарту үшін эксперименттік қондырғы құрылды. Бұл қондырғыда опоканың кремнийлі жынысына негізделген модификацияланған сорбенттердің әзірленген құрамдарын пайдаланып тазарту мақсатында түрлі химиялық құрамдағы суды зерттеу бойынша ғылыми-эксперименттік жұмыстар жүргізуге мүмкіндік бар. "Марк 603" маркалы кондуктометрдің көмегімен ағын су және "Аққурай" кен орнының жерасты суының үш сынамасы зерттелді. Сүзу нәтижесінде ағын судың жалпы тұз мөлшері (TDS) 150-300 санатына өтті, бұл күнделікті өмірде және кейбір өндірістік процестерде қолданылатын судың қолайлы құрамына сәйкес келеді, бірақ ауыз судың дәмі мен сапасына әсер етуі мүмкін. Жалпы тұз мөлшері (TDS) бойынша "Аққурай" су кен орнының барлық үш су сынамасы жалпы тұз мөлшері тым жоғары санатқа жататыны және су алдын ала өңдеусіз көптеген мақсаттар үшін жарамсыз екені анықталды. Сүзуге дейінгі ең жоғары жалпы тұз мөлшері № 3 су үлгісінде кездеседі және 3648 мг/дм³ құрайды.

Сүзілгеннен кейін барлық үш сынамада натрий хлориді (NaCl) және жалпы тұз мөлшері (TDS) бойынша судың тұз мөлшері (C) көрсеткіштерінің төмендеуі байқалады. Жалпы алғанда, төмендеу 30-33% шегінде, бұл жоғары минералдандырылған жер асты суларының тұз құрамының көрсеткіштерін төмендетуге қатысты елеулі жетістік болып табылады.