

DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-172-191

УДК 541.183; 614.48

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ КАК СТАЦИОНАРНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ И ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ

*Е.В. Кондратюк, С.М. Мальцева,
Д.А. Строганов, Е.А. Рябкова, И.С. Трубина*

В данном исследовании с эколого-гигиенической точки зрения рассмотрены возможности применения природного минерала – цеолита - в воздушных фильтрах для помещений.

Цель работы: *на основе анализа адсорбирующих и дезинфицирующих свойств различных типов воздушных фильтров показать несомненные преимущества стационарных фильтров на основе природных цеолитов. В качестве методов исследователи опирались на методы сравнительного анализа, описания и характеристики.*

Результаты. *Вентиляционные системы даже в небольшом здании достаточно сложны и требуют регулярной очистки и дезинфекции. Исследование показало, что традиционно используемые для этого фильтры абсолютной очистки, бактерицидной обработки или угольные фильтры имеют существенные недостатки (дороговизна, сложность обслуживания и утилизации), в то время как стационарные фильтры на основе природных цеолитов, добываемых в том числе и в России, недороги, гипоаллергенны, просты в обслуживании, поддаются регенерации, обладают дезинфицирующим и дезодорирующим эффектом. Однако на сегодняшний день они практически не используются, также все еще не отработана технология регенерации природных цеолитов для воздушных фильтров, хотя такая возможность имеется.*

Ключевые слова: *природные цеолиты; дезинфекция воздуха; очистка воздуха; вентиляция; фильтры абсолютной очистки; угольный фильтр; фильтры бактерицидной обработки воздуха; регенерация цеолитов*

Для цитирования. *Кондратюк Е.В., Мальцева С.М., Строганов Д.А., Рябкова Е.А., Трубина И.С. Применение природных цеолитов как стационарных фильтров для дезинфекции и очистки воздуха в помещениях // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, №3. С. 172-191. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-172-191*

THE USE OF NATURAL ZEOLITES AS STATIONARY FILTERS FOR DISINFECTION AND PURIFICATION OF INDOOR AIR

*E.V. Kondratyuk, S.M. Maltseva,
D.A. Stroganov, E.A. Ryabkova, I.S. Trubina*

In this study, from an ecological and hygienic point of view, the possibilities of using a natural mineral – zeolite – in indoor air filters are considered.

The purpose of the work: *based on the analysis of the adsorbing and disinfecting properties of various types of air filters to show the undoubted advantages of stationary filters based on natural zeolites. As methods, the researchers relied on methods of comparative analysis, description and characteristics.*

Results. *Ventilation systems even in a small building are quite complex and require regular cleaning and disinfection. The study showed that the filters traditionally used for this purpose of absolute purification, bactericidal treatment or carbon filters have significant disadvantages (high cost, complexity of maintenance and disposal), while stationary filters based on natural zeolites, mined including in Russia, are inexpensive, hypoallergenic, easy to maintain, regenerable, have a disinfecting and deodorizing effect. However, today they are practically not used, and the technology of regeneration of natural zeolites for air filters has not yet been worked out, although such a possibility exists.*

Keywords: *natural zeolites; air disinfection; air purification; ventilation; absolute purification filters; carbon filter; germicidal air treatment filters; zeolite regeneration*

For citation. *Kondratyuk E.V., Maltseva S.M., Stroganov D.A., Ryabkova E.A., Trubina I.S. The Use of Natural Zeolites as Stationary Filters for Disinfection and Purification of Indoor Air. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2022, vol. 14, no. 3, pp. 172-191. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-172-191*

Введение

Действительность сегодняшнего дня такова, что любая сторона жизнедеятельности человека так или иначе связана с экологией. Производство, быт, отдых – всё тем или иным образом человек в настоящем соотносит с экологическими вопросами [3, 10, 17, 29].

Существование и благоденствие организма возможно только в таких условиях, которые наиболее благоприятны для конкретного вида живых существ, то есть экологические параметры этой среды не вызывают нега-

тивной реакции со стороны особей вида. Для каждого вида живых организмов параметры среды обитания могут значительно различаться, однако благоприятствование живых существ предполагает, что в среде обитания вредные и опасные факторы не должны превышать пороговых значений, так как последние несут угрозу существования виду.

Человек как биологический вид и часть природного биоразнообразия планеты практически с момента своего возникновения преобразовывал места обитания для комфортного существования. До XIX-XX веков биосфера благодаря процессам самоорганизации восстанавливалась, а основные параметры экосреды оставались в пределах, характерных для того или иного региона. В настоящее время среда обитания человека, особенно в регионах, где сконцентрированы промышленное производство, где высокая численность населения, порой настолько не соответствует допустимым показателям, что само существование там человека кажется чудом. Стоит ли удивляться тому, что растёт количество болезней, которые так или иначе обусловлены неблагоприятным воздействием вредных и опасных факторов среды обитания человека. Иначе говоря, человек сам изменил биосферу таким образом, что создал себе угрозу существования [11, 15, 28].

Одно из главных условий существования живого организма - воздух, который мы вдыхаем. Причём существенен не только вопрос о сохранении количественного соотношения его основных компонентов – азота, кислорода и углекислого газа, но и таких составляющих, как пыль (механические частицы различного происхождения и состава), сажа, оксиды серы, оксиды азота, соединения хлора, диоксины, углеводороды и прочие загрязнители [12].

Следует отметить, что в больших городах, где производственно-хозяйственная деятельность вносит значительную долю в загрязнение среды обитания, воздух не всегда соответствует тем нормативам, которые благоприятны для комфортного существования человека [13, 14].

Очистка и дезинфекция помещений, где одновременно в течение рабочего дня и даже более длительное время находится большое количество сотрудников и посетителей, в настоящее время – обыденное явление. Наиболее жёсткие требования установлены для медицинских учреждений и предприятий общественного питания. Одно из требований предусматривает соответствие воздуха в помещении требуемым показателям. Соответственно, особое внимание должно уделяться поддержанию санитарно-гигиенических норм, предусмотренных законодательно установленными документами в каждом конкретном помещении [6, 8, 9].

В школах и других помещениях, связанных с длительным пребыванием детей, спортивных залах и фитнес-центрах, медицинских учреждениях, организациях общественного питания чистота воздуха в помещении требует особого внимания. Содержащиеся в воздухе помещения тяжёлые запахи, болезнетворные организмы являются не только причиной плохого самочувствия, быстрой утомляемости, но и приводят к возникновению и распространению аллергических реакций, инфекционных заболеваний, что не единожды доказывалось на практике.

Традиционно для очистки и дезинфекция помещений используются фильтры абсолютной очистки, угольные фильтры, фильтры бактерицидной обработки воздуха. Однако все эти способы не лишены существенных недостатков. Применение природных цеолитов могло бы стать достойной альтернативой или же даже заменить их. Цеолиты уже используются для повышения продуктивности культурных растений, восстановления деградированных почв, производстве огнетушащих порошков, очистке сточных вод и др. [2, 5, 18, 19, 20], но их возможности в очистке и дезинфекции воздуха помещений явно недооцениваются современными учеными и производителями.

Цель работы

Анализ адсорбирующих и дезинфицирующих свойств различных типов воздушных фильтров для помещений в сравнении со стационарными фильтрами на основе природных цеолитов.

Материалы и методы

Описаны особенности устройства вентиляционных систем, преимущества и недостатки различных типов фильтров очистки воздуха. Дана характеристика свойств природного цеолита, впервые проанализированы его возможности в очистке и дезинфекции воздуха в помещениях, рассмотрены основные технологии регенерации и утилизации воздушных фильтров на его основе.

Результаты исследования и их обсуждение

Так или иначе, человек проводит внутри каких-либо помещений, где воздухообмен ограничен, большее или меньшее количество времени. Внутри небольших помещений, жилых квартир воздухообмен осуществляется путём проветривания через окна, или используются бытовые кондиционеры. Что же касается общественных зданий, то в них следует предус-

матривать установку вентиляционных систем, потому что только в этом случае можно обеспечить достаточный воздухообмен. Безусловно, такие системы, как и любое техническое устройство, должны отвечать всем требуемым параметрам и обеспечивать санитарно-гигиенические нормы для воздуха в помещениях здания. Одним из условий их надёжного функционирования является чистота самих систем [25].

Системы вентиляции в зданиях представляют собой сложное инженерное сооружение, включающее вентиляционные камеры, шахты и каналы, специальные фильтры, позволяющие очищать забираемый воздух от различных примесей, и теплообменники для его подогрева или напротив - охлаждения. Как правило, в основном, в зданиях применяют систему приточно-вытяжной вентиляции, когда забор воздуха идёт с улицы и соответственно выброс воздуха происходит на улицу. Воздух перед подачей в помещения здания подвергается предварительной очистке, проходя систему фильтров, где удаляются механические и иные загрязнения, характерные для воздуха города, а также его подогрев. Перед тем, как воздух будет удалён из здания, его очищают, причём каждое конкретное учреждение требует индивидуально разработанного способа очистки. Какой бы совершенной не была такая система вентиляции, постепенно внутренняя часть воздуховодов загрязняется из-за скопления пыли, органических частиц, становясь благоприятной средой для размножения патогенных болезнетворных организмов (это вирусы, бактерии, патогенные грибы, пылевые клещи, не говоря уже о насекомых, грызунах, которые ещё в большей степени способствуя распространению заболеваний). Загрязнение вентиляционных каналов, камер, шахт приводит к тому, что в рабочих помещениях, коридорах, туалетных комнатах и здании в целом ощущаются неприятные запахи, запотевают окна, происходит быстрое накопление пыли на поверхностях.

При проектировании систем вентиляции в многоэтажных зданиях и зданиях, где предусматривается одновременное пребывание большого количества людей, установка раздельных систем вентиляции для «грязных» и «чистых» помещений - задача сложно выполнимая, так как всегда существует возможность перетекания воздушных потоков между помещениями одного этажа и межэтажный перенос воздуха через лестничные клетки, шахты лифта, и иные способы. Таким образом, помещения так или иначе взаимосвязаны между собой, что приводит к переносу инфекций между ними. Не подвергается сомнению факт, что вирусно-бактериальные инфекции передаются на 85-90 % воздушным путём. Известны случаи

массового заражения людей через систему вентиляции легионеллезом, воспалением лёгких. В медучреждениях в помещениях, где должна быть стерильность, вентиляция может стать источником обсеменения болезнетворными организмами.

Безусловно, для различных учреждений требуется установка фильтров обладающих различной эффективностью, что обусловлено спецификой и назначением объектов, кроме того, фильтры подлежат периодической замене. Сам фильтр представляет собой сложное устройство, которое предназначено для функционирования в определённых условиях. Плановая замена фильтров связана с утратой ими фильтрующих свойств с течением времени (в приточно-вытяжной вентиляции обычно применяют одноразовые фильтрующие картриджи). Как правило, смену фильтрующего картриджа фильтра необходимо проводить регулярно через каждые 2-6 месяцев, что само по себе достаточно проблематично, соответственно очистка и дезинфекция вентиляционной системы должна проводится одновременно [7].

В большинстве объектов в настоящее время для систем вентиляции используют фильтры абсолютной очистки (ФБА) и HEPA – фильтры (высокоэффективного удержания частиц, разработанные в 40-е годы прошлого века в США, в СССР аналогичные фильтры были независимо разработаны и известны под названием «фильтр Петрянова-Соколова»). В этих фильтрах фильтрующим материалом служит микро- и ультратонкое стеклянное волокно. Достоинство таких фильтров - малогорючесть, термостойкость и высокая пылеемкость. Фильтры ФБА и HEPA экологичны и безопасны для здоровья, быстро очищают воздух. Недостаток их в том, что они не могут механически быть очищены, и при эксплуатации их нужно часто менять. Однако, следует отметить, что для медицинских, фармакологических учреждений, бактериологических и вирусологических лабораторий применяют фильтры бактерицидной обработки воздуха (ФБО), где активным элементом является ультрафиолетовые лампы. Эти фильтры значительно снижают содержание микроорганизмов в воздухе, но не задерживают пылевидные частицы. Недостаток таких фильтров – обязательная комбинация с фильтром очистки от пылевидных частиц и высокая стоимость.

Для адсорбции (фильтрации) газообразных примесей и других веществ (пыли) в вентиляционных системах устанавливают угольные фильтры, в которых активным веществом является измельчённый активированный уголь. Угольные фильтры хорошо очищают воздух от газообразных и пылевых частиц, эффективность их фильтрации не зависит от скорости дви-

жения воздушных масс, влажности и температуры очищаемого воздуха, конструкционные материалы не подвержены коррозии, не поддерживают горение. Фильтры герметичны и благодаря этому снижают уровень шума при работе вентиляции. Устойчиво работают в интервале от -60°C до 100°C . Недостатки подобных фильтров – снижение эффективности работы при повышенной влажности в помещениях; регенерации угольного картриджа не производится; при повышении температуры свыше 100°C активированный уголь, находящийся в фильтре может загореться.

Некоторые российские производители угольных фильтров предлагают производить фильтрующие картриджи с наполнением их цеолитом, но не меняя материал, в который помещают наполнитель (в основном используют полиэстер, различные полиэфирные и подобные им материалы).

Отметим, что насколько бы конструктивно-совершенной не была система вентиляции, идеальной в санитарно-гигиеническом аспекте она быть не может, поэтому регулярно проводится её очистка. Установлен регламент проведения и периодичность проведения дезинфекции различных объектов, что в первую очередь обусловлено назначением, загрязнением и результатами предварительного обследования системы вентиляции.

Очистка вентиляционных каналов, камер, шахт, фильтров связана со значительными материальными затратами, часть из которых приходится на химические реагенты – моющие и дезинфицирующие средства, которые представляют собой растворы на щелочной и кислотной основе. Основными достоинствами применяемых средств является высокий бактерицидный эффект (статистического действия), возможность использования этих средств путём орошения ими поверхностей, быстрое испарение и постепенное разложение со временем действующего вещества препаратов. Фильтры, которые установлены в вентиляции также необходимо очищать и дезинфицировать, как неотделимую и обязательную часть системы вентиляции и обязательно заменять фильтрующие картриджи. Однако дезинфицирующий эффект сохраняется недолго.

Хороший дополнительный эффект для очистки воздуха в общественных местах, в том числе и общественном транспорте (городские автобусы, электротранспорт, вагоны метро, вагоны электропоездов и поездов дальнего следования, самолёты и иной транспорт, где одновременно может находиться много людей) может дать применение в качестве очистителя измельчённого активированного угля, помещённого в специальные элементы интерьера (декоративные контейнеры разной конструкции, с предусмотренными небольшими отверстиями для проникновения воздуха), и

заменяемые через определённые промежутки времени. Этот материал, безусловно, экологичен и гипоаллергенен. Однако активированный уголь имеет ряд недостатков, которых невозможно избежать. Во-первых, уголь достаточно хрупкий, и его пылевидные частицы могут попадать в воздух через отверстия емкости, где он находится, загрязняя дополнительно механическими элементами помещение, а при случайном разрушении контейнера уборка потребует значительных усилий. Во-вторых, уголь очищает в основном от газообразных веществ, болезнетворные организмы остаются непоглощёнными. В-третьих, уголь горюч при определённых условиях, регенерация его не производится, поэтому, как и картриджи угольных фильтров, использованный материал утилизируется и заменяется новым.

Эффективность контейнеров, заполненных углём, зависит от размера контейнера (толщины угольного слоя), так как в этом случае небольшой размер емкости позволяет воздушной массе быстрее проходить сквозь активный слой. Конструктивно, такие контейнеры могут быть горизонтальными (насыпной слой 2-5 см) и вертикальной (толщина слоя, как и для фильтра горизонтального расположения). В первом случае угольным фильтром может быть и картридж угольного (применяемого в фильтрах в системах вентиляции), заключённый в декоративный корпус, но эти устройства не будут достаточно эффективны в условиях, где нет активной вентиляции помещения, во втором случае частицы угля могут быть крупнее и должны заполнять весь объём ёмкости, в которой находятся (например, как в бытовых фильтрах для очистки воды), причём помещать их можно в материал, подобный тому, который используют для угольных фильтров или в воздухопроницаемую хлопчатобумажную ткань. В последнем варианте себестоимость фильтров будет выше, потому что достаточно сложно удалить мельчайшие частицы угля, которые проникают между волокнами ткани. Подобные фильтры, разумеется, отличаются экологичностью, но их применение экономически невыгодно, особенно в условиях больших пространства и большого количества посетителей. Замена должна быть не реже одного раза в месяц, а для медицинских, детских, спортивных и других помещений даже чаще, то же касается туалетных комнат, душевых, раздевалок в спортзалах и фитнес-центрах.

Альтернативой активированному углю в подобной ситуации может быть применение для очистки и одновременной дезинфекции воздуха в помещении цеолитов. Цеолиты представляют собой природный (или искусственный) материал, который обладает уникальными адсорбционными свойствами, что позволяет его использовать в промышленности, сельском

хозяйстве и в быту. Отметим, что искусственные цеолиты для подобных целей непригодны по ряду причин, главная из которых - они не удовлетворяют требования санитарных норм по органолептическим показателям и некоторым другим параметрам. Поэтому в целях очистки и дезинфекции воздуха могут применяться только экологически безопасные природные минералы [22, 24].

Природный цеолит (в переводе с древнегреческого – «кипящий камень») не находил промышленного применения более двухсот лет, с момента его открытия, а работы с этим редким минералом имели теоретическое значение. В начале-середине 50-х годов 20-го века проблема очистки питьевой воды для систем водоснабжения, а также очистки сточных вод стали особенно актуальными. Именно цеолит, благодаря своим преимуществам, таким как эффективность, распространённость и низкая цена, получил широкое признание и стал применяться в различных сферах деятельности [16, 23, 26].

Цеолиты являются уникальным минералом, они имеют открытую каркасно-полостную структуру, причём камни, добытые на разных месторождениях (таких в России известно 6, в странах постсоветского пространства известно ещё 4) обладают индивидуальными характеристиками [1, 4]. Полости и каналы минерала в структуре сопоставимы с размерами молекул, именно поэтому цеолиты «работают» как «молекулярные сита» или «наносита», при этом природные цеолиты не представляют экологической опасности для человека и животных (экспериментально доказано, что, цеолиты не имеют мутагенного эффекта), дешевле, чем другие подобные материалы, их легко регенерировать, просто использовать и утилизировать.

Известно, что вне зависимости от своего происхождения (места добычи) цеолиты хорошо сорбируют различные вещества как из водной среды, так и из воздуха, причём в последнем случае в каналах и в полостях могут сорбироваться и удерживаться органические молекулы. Цеолиты, обладают термической стабильностью, выдерживая температуру до 600°C и выше (в зависимости от вида цеолита), практически не теряя своих свойств, не горючи, не разрушаются под действием агрессивных сред (кислот, щелочей, других агрессивных жидкостей), так как в основном состоят из оксидов кремния и алюминия (SiO_2 , Al_2O_3) с примесью оксидов кальция, титана, магния, калия, железа, натрия и других, что и обуславливает их устойчивость. Подобные свойства (термостабильность) позволяют проводить регенерацию минерала путём отжига его в специальных печах, и заново применять для работы [21, 27].

Другим несомненным преимуществом рассматриваемого материала является тот факт, что промышленно выпускаемые цеолиты существуют в виде мелкозернистой крошки различных фракций от пылевидной (размером от пылевидных частиц) до частиц размером до 5 мм и больше, что позволяет выбрать материал необходимого размера. В отличие от активированного угля, цеолит имеет твёрдость по шкале Мооса - 4-5 баллов, и в случае нарушения целостности устройств (контейнеров) с размещённым в них активным веществом частицы минерала достаточно просто удалить из помещения механически, не опасаясь образования пылевидных частиц вследствие их механического разрушения. Случайно рассыпавшийся материал может быть регенерирован и снова использован, что, безусловно, является еще одним преимуществом [21].

Известно, что цеолиты благодаря своей способности активно сорбировать из воздуха аммиак, углекислый газ, галогенопроизводные (для влажной уборки часто используют хлорсодержащие дезинфицирующие средства) могут стать дополнительным эффективным средством для очистки воздуха в помещении. Такой сорбент может применяться самостоятельно, а также в комбинации с активированным углём или другими сорбентами. Следует отметить, что зеленоватые, серые, рыже-коричневые, белый, желтый, бурый, мясо-красный цеолиты (цвет минерала зависит от того, какие соединения в небольших количествах входят в состав цеолита того или другого месторождения), при определённых условиях могут стать элементами декора помещения, если их выложить как декоративные горизонтальные панно, наполнить декоративные вазы и прочее (в этих целях может быть использована крупная фракция камешков, например, размером от 5 до 100 мм в диаметре).

Цеолиты способны сорбировать на своей поверхности вирусы, причём сорбция вирусов, по данным ряда исследований, достигает 90-94%, при этом образуется прочная связь между цеолитом и вирусом, так как каркано-полостная структура цеолита благодаря отрицательному заряду своей поверхности удерживает болезнетворный компонент внутри полости.

Особое внимание в помещениях, где одновременно может находиться большое количество людей большой или меньший промежуток времени (залы ожидания на вокзалах, медицинских, образовательных и детских учреждениях торговых центрах) либо в небольшом пространстве (например, городской общественный транспорт, поезда пригородного и дальнего сообщения, авиатранспорт, водный транспорт), а активная вентиляция бывает затруднена, именно стационарные фильтры, содержащие в качестве

рабочего компонента цеолит, позволят поддерживать чистоту воздуха на должном уровне. Кроме того, минерал оказывает определённый дезодорирующий эффект. Количество таких фильтрующих контейнеров устанавливается в помещении в зависимости от назначения и размеров помещения и/или количества посетителей, находящихся в нём одновременно либо в течение определённого времени, эпидемиологической обстановки, качества работы вентиляционных.

Цеолит, помещённый в специальные кассеты или просто в мешочки разного объёма и массы из воздухопроницаемого материала, будет эффективно поглощать запахи (газообразные вещества), влагу, болезнетворные организмы, тем самым оздоравливая воздействуя на атмосферу. Кассеты, мешочки, панно (так называемые «стационарные фильтры») можно размещать в местах, где активная вентиляция затруднена или практически невозможна. Тканевые мешочки могут использоваться неоднократно (после стирки и обработки), так как даже мелкозернистые кусочки цеолита, в отличие от угля, не крошатся при небольших механических воздействиях, например, при наполнении, помещении в декоративные контейнеры.

Для замены не возникает необходимости привлекать специальные организации, как при проведении очистки и дезинфекции вентиляционных систем, все работы по замене фильтров могут быть выполнены работниками организации, осуществляющими уборку помещений (либо клининговой компанией), после инструктажа, с применением простых средств для сбора мусора (например, пластиковые контейнеры, полиэтиленовые пакеты и т.п.). В дальнейшем собранный загрязнённый минерал, передаётся в соответствующую организацию (таковой может быть организация-поставщик или её представитель в регионе), где производится регенерация цеолита, он снова расфасовывается и возвращается потребителю. Такая схема повторного использования значительно сокращает расходы с одновременным достижением высокой эффективности очистки воздуха в помещениях.

Наиболее актуален вопрос, который встаёт при решении вопроса регенерации отработанных цеолитов – это очистка их от болезнетворных микроорганизмов, то есть сорбированных минералом веществ органической природы. Самый простой и надёжный способ – отжиг в печах при температуре 150-250°C, при соответствующей очистке газов от продуктов горения. В этом случае выгорают и другие сорбированные вещества, поэтому и требуется соответствующая очистка.

В настоящее время технологии регенерации цеолитов применяют для процессов нефтепереработки и нефтехимии, но в этих отраслях использу-

ют как правило искусственные цеолиты. Кроме того, разработаны способы очистки отработанных природных цеолитов, применяемых для очистки питьевых и сточных вод, но технологий для цеолитов, используемых для дезинфекции воздуха пока нет. Все цеолиты, которые используют в животноводстве (для очистки воздуха в помещениях в качестве подстилки и поглотителя запахов), в быту (в холодильниках, аквариумах, в ваннах, в гардеробных) можно утилизировать как удобрение, но в отдельных случаях, например, на складах химической продукции, при ликвидации жидких проливов химических реактивов, нефтепродуктов на предприятиях и заправках, такая утилизация не допускается.

Заключение

Таким образом, вопросы чистоты воздуха в помещениях могут быть решены не только путём установки мощных систем вентиляции, но и размещением стационарных фильтров, как основного или дополнительного способа очистки и обеззараживания воздушной среды. Фильтры с наполнением из природного цеолита могут найти применение не только в общественных, медицинских, детских, спортивных помещениях, но и в бытовой сфере. Природный цеолит как фильтрующий материал – сырьё, добываемое в России, что также немаловажно.

Разработка технологий утилизации для природного цеолита как возможного поглотителя бактерицидных загрязнений и одновременно различных газов достаточно актуальна в настоящее время. В какой-то степени проблема утилизации может быть решена следующими путями. Первый путь – обработка отработанного минерала сильными дезинфицирующими средствами на основе хлорсодержащих веществ с последующей очисткой от них по известной и применяемой технологии очистки, и вторая – отжиг при температуре выше 100°C, при этом все болезнетворные бактерии и вирусы будут уничтожены.

Информация о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Список литературы

1. Баженов С.Р., Медведко Л.О. Ретроспективные банки данных по цеолитам // Ретроспективная библиография: современное состояние, проблемы, перспективы развития: Материалы Регион. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 23-25 октября 1995 г.). Новосибирск, 1996. С. 103-108.

2. Белицкий И.А., Васильева Н.Г., Горбунов А.В. Блочный конструкционный, строительный и декоративный материал из цеолитсодержащих пород // Природные цеолиты России: тезисы докладов республиканского совещания (Новосибирск, 25-27 ноября 1991 г.). Новосибирск, 1992. Т. 1. С. 153-155.
3. Бояров Е.Н., Абрамова С.В., Гершиноква Д.А. Безопасность человека в свете современной климатической повестки // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, No 1. С. 111-133. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-111-133>.
4. Брек Д. Цеолитные молекулярные сита. М.: Мир, 1976. 782 с.
5. Власова Н.С., Кондратюк Е.В. Применение цеолитов как средства повышения плодородия почв Нижегородской области // Всероссийский конкурс экологических проектов молодых учёных и специалистов: Сборник докладов. Ульяновск, 2012. С. 167-169.
6. ГОСТ ИСО 14644-1–2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Ч. 1. Классификация чистоты воздуха. <https://docs.cntd.ru/document/1200032260>
7. ГОСТ Р 51251–99. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка. <https://docs.cntd.ru/document/1200003927>
8. ГОСТ Р 52539–2006. Чистота воздуха в лечебных учреждениях. Общие требования. <https://docs.cntd.ru/document/1200044474>
9. ГОСТ Р ИСО 14644-5–2005. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Ч. 5. <https://docs.cntd.ru/document/1200039099>
10. Грязнова Е.В., Треушников И.А., Мухина Т.Г., Треушников А.И. Проблемы определения места и роли системы ценностей в культуре здоровья // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2021. Т.10, №4 (37). С. 63-66. <https://doi.org/10.26140/anip-2021-1004-0016>
11. Дмитриева П.Р. Личностные детерминанты уровня страха смерти у взрослых // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2021. Т.10, №4 (37). С. 317-320. <https://doi.org/10.26140/anip-2021-1004-0074>
12. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометиздат, 1984. 560 с.
13. Калугина О.В., Михайлова Т.А., Афанасьева Л.В., Шергина О.В. Активность и изоферментный состав пероксидазы в хвое сосны (*Pinus sylvestris* L.) в условиях загрязнения техногенными эмиссиями разных предприятий и автотранспорта // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, No 1. С. 11-34. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-11-34>
14. Кондратюк Е.В. Формирование почвы в условиях действия природных и антропогенного фактора: монография. Нижний Новгород: ВГИПУ, 2009. 117 с.

15. Лескова И.А. Идея образования: структура и содержание в контексте смены философских оснований // Вестник Мининского университета. 2021. Т. 9, № 3. С. 10. <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2021-9-3-10>
16. Лизунков В.Г., Морозова М.В., Захарова А.А., Малушко Е.Ю. К вопросу о критериях эффективности взаимодействия образовательных организаций с предприятиями реального сектора экономики в условиях территорий опережающего развития // Вестник Мининского университета. 2021. Т. 9, № 1. С. 1. <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2021-9-1-1>
17. Мальцева С.М., Строганов Д.А., Бердникова А.И. Страх смертельной болезни как путь к смыслу жизни // Современные исследования социальных проблем. 2020. Т. 12. № 5-2. С. 90-95.
18. Недачин А.Е. Санитарно-вирусологическая оценка эффективности удаления энтеровирусов из воды с использованием цеолита // Гигиена и санитария. 1994. № 5. С. 17-19.
19. Петрушина М.В. Влияние Хотынецких цеолитов и лецитина на физиолого-биохимический статус высокоудойных коров при промышленном содержании // Вестник аграрной науки. 2010. №5. С. 95-97.
20. Подъяблонский С., Носенко Н.А. Использование природных цеолитов в свиноводстве. Новосибирск: СибИМЭ, 2012. [Электронный ресурс] <http://zeomix.ru/home/natural-zeolite-agriculture-and-foodindustry/livestock-poultry.html>.
21. Рабо Дж. Химия цеолитов и катализ на цеолитах. М.: Мир, 1980. Т1. 502 с.
22. Савченков М.Ф. Цеолиты России // XXI век. Техносферная безопасность. 2017. Т. 2. № 2. С. 38-44.
23. Сендеров Э.Э., Хитаров Н.И. Цеолиты, их синтез и условия образования в природе. М.: Наука, 1970. 395с.
24. Серенко А.Ф., Красовский П.С. Перспективные направления применения цеолитов в технологии производства строительных материалов // Совершенствование методов расчета строительных конструкций транспортных, гражданских и промышленных сооружений. Хабаровск, 1996. С. 99-101.
25. Эксплуатация. ГОСТ 30494–96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. <https://docs.cntd.ru/document/1200003003>
26. Kozlov A.V., Kulikova A.H., Uromova I.P. Mobility of silicon, fertility of sod-podzolic soil, bioaccumulation of silicon and yields of agricultural crops under the influence of zeolite // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology], 2021, vol. 56, № 1, pp. 183-198. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.183eng>
27. Kulikova A., Isaichev V., Kozlov A., Tsapovskaya O. The role of diatomite as a detoxifying agent in soil contamination with copper // E3S Web of Conferences, 2021, 258, 08023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125808023>

28. Suhodoeva L.F., Nemova O.A., Khizhnaya A.V., Krylova T.V., Maltseva S.M., Svadbina T.V. Transformation of resource allocation processes based on digital technologies // International Journal of Criminology and Sociology. 2020. T. 9. C. 2095-2101. <https://doi.org/10.6000/1929-4409.2020.09.247>
29. Zafir L.N., Gruzdeva M.L., Vaganova O.I., Smirnova Z.V., Maltseva S.M. Innovative forms of training of teachers for professional school // International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 2018, vol. 9(11). C. 1146–1155.

References

1. Bazhenov S.R., Medvedko L.O. Retrospektivnye banki dannyh po ceolitam [Retrospective data banks on zeolites]. *Retrospektivnaya bibliografiya: sovremennoe sostoyanie, problemy, perspektivy razvitiya: Materialy Region. nauch.-prakt. konf. (Novosibirsk, 23-25 oktyabrya 1995 g.)* [Retrospective bibliography: current state, problems, development prospects: Materials of the Region. Scientific and Practical conference (Novosibirsk, October 23-25, 1995)], Novosibirsk, 1996. pp. 103-108.
2. Belickij I.A., Vasil'eva N.G., Gorbunov A.V. Blochnyj konstrukcionnyj, stroitel'nyj i dekorativnyj material iz ceolitsoderzhashchih porod [Block structural, building and decorative material from zeolite-containing rocks]. *Prirodnye ceolity Rossii: tezis dokladov respublikanskogo soveshchaniya (Novosibirsk, 25-27 noyabrya 1991 g.)*. [Natural zeolites of Russia: Abstracts of reports of the republican meeting (Novosibirsk, November 25-27, 1991)]. Novosibirsk, 1992, vol. 1, pp. 153-155.
3. Boyarov E.N., Abramova S.V., Gershinkova D.A. Bezopasnost' cheloveka v svete sovremennoj klimaticheskoj povestki [Human security in the light of the current climate agenda. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture] *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture], 2021, vol. 13, no. 1, pp. 111-133. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-111-133>
4. Brek D. *Ceolitnye molekulyarnye sita* [Zeolite Molecular Sieves]. M.: Mir, 1976, 782 p.
5. Vlasova N.S., Kondratyuk E.V. Primenenie ceolitov kak sredstva povysheniya plodorodiya pochv Nizhegorodskoj oblasti [The use of zeolites as a means of increasing soil fertility in the Nizhny Novgorod region] *Vserossijskij konkurs ekologicheskikh projektov molodyh uchyonyh i specialistov* [All-Russian competition of environmental projects of young scientists and specialists]: Sbornik dokladov. Ul'yanovsk, 2012, pp. 167-169.
6. *GOST ISO 14644-1-2002. Chistye pomeshcheniya i svyazannye s nimi kontroli-ruemye sredy. CH. 1. Klassifikaciya chistoty vozduha* [Clean rooms and con-

- trolled environments associated with them. Part 1. Classification of air purity.] <https://docs.cntd.ru/document/1200032260>
7. *GOST R 51251–99. Fil'try ochistki vozduha. Klassifikaciya. Markirovka* [Air purification filters. Classification. Marking]. <https://docs.cntd.ru/document/1200003927>
 8. *GOST R 52539–2006. CHistota vozduha v lechebnyh uchrezhdeniyah. Obshchie trebovaniya* [Cleanliness of the air in medical institutions. General requirements]. <https://docs.cntd.ru/document/1200044474>
 9. *GOST R ISO 14644-5–2005. CHistye pomeshcheniya i svyazannye s nimi kontroliruemye sredy* [Clean rooms and associated controlled environments]. Ch. 5. <https://docs.cntd.ru/document/1200039099>
 10. Gryaznova E.V., Treushnikov I.A., Muhina T.G., Treushnikov A.I. Problemy opredeleniya mesta i roli sistemy cennostej v kul'ture zdorov'ya [Problems of determining the place and role of the value system in the culture of health]. *Azimuth nauchnyh issledovanij: pedagogika i psihologiya* [Azimuth of Scientific Research: Pedagogy and Psychology], 2021, vol. 10, no. 4 (37), pp. 63-66. <https://doi.org/10.26140/anip-2021-1004-0016>
 11. Dmitrieva P.R. Lichnostnye determinanty urovnya straha smerti u vzroslyh [Personal determinants of the level of fear of death in adults]. *Azimuth nauchnyh issledovanij: pedagogika i psihologiya* [Azimuth of Scientific Research: Pedagogy and Psychology], 2021. vol. 10, no. 4 (37), pp. 317-320. <https://doi.org/10.26140/anip-2021-1004-0074>
 12. Izrael' Y.A. *Ekologiya i kontrol' sostoyaniya prirodnoj sredy* [Ecology and control of the state of the natural environment]. M.: Gidrometizdat, 1984, 560 p.
 13. Kalugina O.V., Mihajlova T.A., Afanas'eva L.V., SHergina O.V. Aktivnost' i izofermentnyj sostav peroksidazy v hvoe sosny (*Pinus sylvestris* L.) v usloviyah zagryazneniya tekhnogennymi emissiyami raznyh predpriyatij i avtotransporta [Activity and isozyme composition of peroxidase in scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles effected by technogenic emissions from various enterprises and vehicles] *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 11-34. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-11-34>
 14. Kondratyuk E.V. *Formirovanie pochvy v usloviyah dejstviya prirodnyh i antropogennogo faktora: monografiya* [Soil formation under the influence of natural and anthropogenic factors: monograph]. Nizhnij Novgorod: VGIPU, 2009, 117 p.
 15. Leskova I.A. Ideya obrazovaniya: struktura i sodержanie v kontekste smeny filosofskih osnovanij [The idea of education: structure and content in the context of changing philosophical foundations]. *Vestnik Mininskogo universiteta* [Vestnik of Minin University], 2021, vol. 9, no. 3, p. 10. <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2021-9-3-10>

16. Lizunkov V.G., Morozova M.V., Zaharova A.A., Malushko E.YU. K voprosu o kriteriyah effektivnosti vzaimodejstviya obrazovatel'nyh organizacij s predpriyatiyami real'nogo sektora ekonomiki v usloviyah territorij operezhayushchego razvitiya [On the question of the criteria for the effectiveness of interaction between educational organizations and enterprises of the real sector of the economy in the conditions of territories of advanced development] *Vestnik Mininskogo universiteta* [Vestnik of Minin University], 2021. vol. 9, no. 1, p. 1. <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2021-9-1-1>
17. Mal'ceva S.M., Stroganov D.A., Berdnikova A.I. Strah smertel'noj bolezni kak put' k smyslu zhizni [Fear of a deadly disease as a way to the meaning of life]. *Sovremennye issledovaniya social'nyh problem* [Modern studies of social problems], 2020, vol. 12, no. 5-2, pp. 90-95.
18. Nedachin A.E. Sanitarno-virusologicheskaya ocenka effektivnosti udaleniya enterovirusov iz vody s ispol'zovaniem ceolita [Sanitary and virological assessment of the effectiveness of removing enteroviruses from water using zeolite]. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation], 1994, no. 5, pp. 17-19.
19. Petrushina M.V. Vliyanie Hotyneckih ceolitov i lecitina na fiziologo-biohimicheskiy status vysokoudojnyh korov pri promyshlennom soderzhanii [The influence of Khotynets zeolites and lecithin on the physiological and biochemical status of high-yielding cows with industrial content]. *Vestnik agrarnoy nauki* [Bulletin of Agrarian Science], 2010, no.5, pp. 95-97.
20. Podyablonskiy S., Nosenko N.A. *Ispol'zovanie prirodnih ceolitov v svinovodstve* [The use of natural zeolites in pig breeding]. Novosibirsk: SibIME, 2012. <http://zeomix.ru/home/natural-zeolite-agriculture-and-foodindustry/livestock-poultry.html>
21. Rabo Dzh. *Himiya ceolitov i kataliz na ceolitah* [Chemistry of zeolites and catalysis on zeolites]. M.: Mir, 1980. vol. 1, 502 p.
22. Savchenkov M.F. Ceolity Rossii [Zeolites of Russia]. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'* [XXI century. Technosphere safety]. 2017, vol. 2, no. 2, pp. 38-44.
23. Senderov E.E., Hitarov N.I. *Ceolity, ih sintez i usloviya obrazovaniya v prirode* [Zeolites, their synthesis and conditions of formation in nature]. M.: Nauka, 1970, 395 p.
24. Serenko A.F., Krasovskiy P.S. Perspektivnye napravleniya primeneniya ceolitov v tekhnologii proizvodstva stroitel'nyh materialov [Promising areas of application of zeolites in the technology of production of building materials]. *Sovershenstvovanie metodov rascheta stroitel'nyh konstrukcij transportnyh, grazhdanskikh i promyshlennyh sooruzhenij* [Improvement of methods of calculation of building structures of transport, civil and industrial structures]. Habarovsk, 1996, pp. 99-101.

25. *Ekspluatatsiya. GOST 30494–96. Zdaniya zhilye i obshchestvennyye. Parametry mikroklimate v pomeshcheniyah* [Operation. GOST 30494-96. Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters]. <https://docs.cntd.ru/document/1200003003>
26. Kozlov A.V., Kulikova A.H., Uromova I.P. Mobility of silicon, fertility of sod-podzolic soil, bioaccumulation of silicon and yields of agricultural crops under the influence of zeolite. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya* [Agricultural Biology], 2021, vol. 56, no. 1, pp. 183-198. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.183eng>
27. Kulikova A., Isaichev V., Kozlov A., Tsapovskaya O. The role of diatomite as a detoxifying agent in soil contamination with copper. *E3S Web of Conferences*, 2021, 258, 08023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125808023>
28. Suhodoeva L.F., Nemova O.A., Khizhnaya A.V., Krylova T.V., Maltseva S.M., Svadbina T.V. Transformation of resource allocation processes based on digital technologies. *International Journal of Criminology and Sociology*, 2020, vol. 9, pp. 2095-2101. <https://doi.org/10.6000/1929-4409.2020.09.247>
29. Zafir, L.N., Gruzdeva, M.L., Vaganova, O.I., Smirnova, Z.V., Maltseva, S.M. Innovative forms of training of teachers for professional school. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 2018, vol. 9(11), pp. 1146–1155.

ВКЛАД АВТОРОВ

Кондратюк Е.В.: общее руководство направлением исследования, составление черновика рукописи.

Мальцева С.М.: сбор научной литературы, подготовка текста статьи.

Строганов Д.А.: поиск и анализ стандартов, сбор и анализ данных.

Рябкова Е.А.: редактирование рукописи.

Трубина И.С.: интерпретация результатов, анализ данных.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Elena V. Kondratyuk: general management of the research direction, drafting of the manuscript.

Svetlana M. Maltseva: collection of scientific literature, preparation of the text of the article.

Dmitriy A. Stroganov: search and analysis of standards, data collection and analysis.

Elena A. Ryabkova: editing of the manuscript.

Irina S. Trubina: interpretation of results, data analysis.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Кондратюк Елена Викторовна, канд. сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общеобразовательных и профессиональных дисциплин *Филиал СамГУПС в Нижнем Новгороде*
пл. Комсомольская, 3, г. Нижний Новгород, 603011, Российская Федерация
kondratyuk-1962@inbox.ru

Мальцева Светлана Михайловна, доцент, канд. филос. наук, доцент кафедры философии и теологии; доцент кафедры общеобразовательных и профессиональных дисциплин *Мининский университет; Филиал СамГУПС в Нижнем Новгороде*
ул. Ульянова, 1, г. Н. Новгород, 603950, Российская Федерация; пл. Комсомольская, 3, г. Нижний Новгород, 603011, Российская Федерация
maltsewasvetlana@yandex.ru

Строганов Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры всеобщей истории классических дисциплин и права; старший преподаватель кафедры иностранных языков *Мининский университет; Приволжский исследовательский медицинский университет*
ул. Ульянова, 1, г. Н. Новгород, 603950, Российская Федерация; пл. Минина и Пожарского, 10/1, г. Нижний Новгород, Российская Федерация
stroganoff.dmitry2012@yandex.ru

Рябкова Елена Анатольевна, старший преподаватель кафедры иностранных языков *Приволжский исследовательский медицинский университет*
пл. Минина и Пожарского, 10/1, г. Нижний Новгород, Российская Федерация
elenadimitr@mail.ru

Трубина Ирина Сергеевна, канд. пед. наук, доцент кафедры иностранных языков *Приволжский исследовательский медицинский университет*
пл. Минина и Пожарского, 10/1, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

DATA ABOUT THE AUTHORS

Elena V. Kondratyuk, PhD. Agricultural Sciences, Associate Professor of General and Professional Disciplines

*Branch in the Samara State Transport University in Nizhny Novgorod
3, Komsomolskaya Sq., Nizhniy Novgorod, 603011, Russian Federation
kondratyuk-1962@inbox.ru*

Svetlana M. Maltseva, Candidate of Philos. Sciences, Associate Professor of General and professional disciplines

*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University; Branch in the
Samara State Transport University in Nizhny Novgorod
1, Ulyanov Str., Nizhniy Novgorod, 603950, Russian Federation; 3,
Komsomolskaya Sq., Nizhniy Novgorod, 603011, Russian Federation
maltsewasvetlana@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7273-1852>
Scopus Author ID: 57204862811*

Dmitry A. Stroganov, Senior Lecturer, Department of General History, Classical Disciplines and Law

*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University; Privolzhsky Research Medical University
1, Ulyanov Str., Nizhniy Novgorod, 603950, Russian Federation; 10/1,
Minin and Pozharsky pl., Nizhny Novgorod, Russian Federation
stroganoff.dmitry2012@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6629-0667>*

Elena A. Ryabkova, Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages
Privolzhsky Research Medical University

*10/1, Minin and Pozharsky pl., Nizhny Novgorod, Russia
elenadimitr@mail.ru*

Irina S. Trubina, Associate Professor of the Department of Foreign Languages
Privolzhsky Research Medical University

*10/1, Minin and Pozharsky pl., Nizhny Novgorod, Russia
trus@yandex.ru*

Поступила 13.02.2022

После рецензирования 03.03.2022

Принята 10.03.2022

Received 13.02.2022

Revised 03.03.2022

Accepted 10.03.2022