

УДК 579.63

ИЗУЧЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОРГАНОБЕНТОНИТОВЫХ ГРАНУЛ В ОТНОШЕНИИ САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ВОДЫ

¹Веденева Н.В., ²Нечаева О.В., ³Заярский Д.А., ¹Тихомирова Е.И.

¹*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, e-mail: ecology@sstu.ru;*

²*Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского, Саратов, e-mail: olgav.nechaeva@rambler.ru;*

³*Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов*

Целью работы явилось изучение сорбционной и антибактериальной активности фильтрующей системы для водоочистки на основе наноструктурированного органобентонита и биополимера – полидиметилдиаллиламмония йодид сахарозы. Была исследована фильтрующая способность немодифицированных и модифицированных биополимером органобентонитовых гранул. Качество фильтрации определялось уровнем задержки микроорганизмов в фильтрующих элементах. В работе использовали взвесь бактерий *E. coli* 113–13 в концентрации $1 \cdot 10^3$ мк/мл. Установлено, что фильтры, содержащие необработанные органобентонитовые гранулы, обеспечивают лишь частичную задержку кишечной палочки. Фильтрующая система на основе обработанных биополимером гранул органобентонита обладала дезинфицирующими свойствами и приводила к уменьшению количества микроорганизмов в 15 раз по сравнению с контролем. В ходе работы установлено также, что биополимер обладает антимикробной активностью в отношении бактерии кишечной группы и может быть рекомендован как эффективный компонент при создании водоочистных фильтров.

Ключевые слова: органобентонитовые гранулы, санитарно-показательные микроорганизмы, обеззараживание воды, полидиметилдиаллиламмоний йодид сахарозы

STUDY OF FILTRATION PROPERTIES OF MODIFIED ORGANIC BENTONITE GRANULES FOR SANITARY -TEST MICROORGANISMS IN WATER

¹Vedeneva N.V., ²Nechaeva O.V., ³Zaiarsky D.A., ¹Tikhomirova E.I.

¹*Saratov State Technical University n.a. Yu.A. Gagarin, Saratov, e-mail: ecology@sstu.ru;*

²*Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Saratov, e-mail: ecology@sstu.ru;*

³*Saratov State University n.a. N.G. Chernyshevsky, Saratov*

The purpose of the study was the research of sorption and disinfection filtration activity organic bentonite granules with biopolymer polydimethyldiallylammonium iodide sucrose. The filtration capacity of unmodified organic bentonite granules and of those modified by polydimethyldiallylammonium iodide sucrose was studied. Quality of filtration was determined by the level of microorganisms trapped in the filter. The strain of *E. coli* 113–13 at the concentration of 10^3 microbial colonies /ml was chosen as the experimental model in the research. It was founded that filters with unmodified organic bentonite granules provide just partial mechanical delay of *E. coli*. Filter system comprising of granules enforced with biopolymers was disinfection and lead to fifteen times fewer *coli* form bacterial colonies. Thus, we proved that polymers adsorbed on granules exhibited antimicrobial properties towards bacterial flora used as the indicator of water quality can be recommended as an effective component of water-purifying filters.

Keywords: organic bentonite granules, coliform bacteria, indicator bacteria, water disinfection, poly (dimethyl diallyl ammonium iodide sucrose)

Проблема качества воды остро стоит перед обществом на современном этапе развития. В связи с изменением климата в сторону потепления во многих водоемах, особенно в летний период, создаются благоприятные условия для сохранения и развития большого количества различных микроорганизмов (бактерий, вирусов, микроскопических грибов и т.д.). Вода является важным компонентом биосферы и одним из наиболее важных факторов для жизни организмов, но в то же время и одним из основных путей передачи ряда инфекционных заболеваний бактериальной и вирусной этиологии. Поэтому на сегодняшний день остро стоит вопрос не только об очистке потребляемой воды от ксенобиотиков, но и ее дезинфекции.

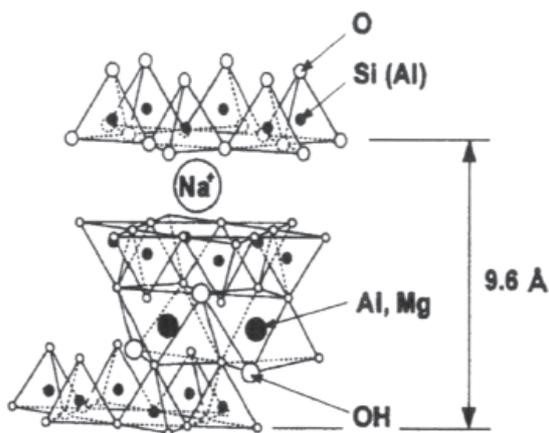
Обеспечение эпидемической безопасности водопользования в отношении кишечных инфекций, распространяющихся водным путем, является первостепенной задачей микробиологического контроля качества воды [1, 2]. В связи с этим особое внимание уделяется различным способам обеззараживания воды на различных этапах водоподготовки. При полной очистке поверхностных вод обеззараживание необходимо всегда; при использовании подземных вод – только тогда, когда микробиологические свойства исходной воды этого требуют. Для профилактического обеззараживания и обработки воды в аварийных ситуациях сооружения обеззараживания необходимы на всех станциях подготовки хозяйственно-питьевых вод [3].

Для обеззараживания используют в основном два метода – обработку воды сильными окислителями (хлор, хлорсодержащие реагенты, озон) и воздействие на воду ультрафиолетовыми лучами. Однако при подаче в воду окислителей большая их часть расходуется на окисление органических и некоторых минеральных веществ. Это приводит к появлению специфических привкусов, а, самое главное, обеззараженные таким образом воды могут стать химически токсичными для организма [4, 5].

Поэтому разработка новых более экологических и экономически выгодных способов очистки воды является актуальной проблемой. Ранее нами была показана перспективность использования органобентонита в качестве сорбента для комплексной очистки питьевой и сточной воды от ПАВ и различных микроорганизмов. В связи с этим целью этой работы было создание инновационной фильтрующей системы на основе природного биологически активного сорбента органобентонита и наноструктурированного биополимера с антибактериальными свойствами, отвечающего вышеизложенным требованиям.

Материалы и методы исследования

В ходе проведенных исследований изучали фильтрующие свойства гранул органобентонита в отношении санитарно-показательных микроорганизмов водных источников. Органобентонит (бентон) представляет собой продукт взаимодействия естественных монтмориллонитовых глин (бентонитов) с олеофилизаторами (рисунок), в частности, с четвертичными аммониевыми солями (ЧАС). Гранулы органобентонита для наших исследований были предоставлены ООО НПП «Лисскон» (г. Саратов).



Структура элементарной ячейки Na-монтмориллонита

В качестве фильтра использовали гранулы органобентонита в чистом виде, а также после обработки 1% раствором полидиметилдиаллиламмония (ПДДА) йодид сахарозы, который представляет со-

бой биосовместимый полимер с выраженной антимикробной активностью. ПДДА йодид сахарозы является полиэлектролитом с высокой плотностью заряда и обладает антимикробными свойствами за счет ингибирования процессов активного транспорта. Так как бактерии имеют отрицательный заряд мембраны, а полимер – положительный, то образуется сильная электростатическая связь между полимером и мембраной бактерии. Второй действующий фактор – это ионидраты, которые сами по себе обладают активностью и эффективны в борьбе с микрофлорой.

В ходе изучения свойств ПДДА йодид сахарозы была доказана его эффективность против грамотрицательных и грамположительных условно-патогенных бактерий. Минимальная действующая концентрация препарата в 4 раза ниже, чем у современных широко используемых дезинфектантов. Еще одним достоинством этого препарата является его экологическая безопасность. В ходе проведенных нами экспериментов было показано, что биополимер относится к IV классу токсичности и является малоопасным соединением в отличие от популярного диоксида хлора, который относится к III классу токсичности и считается умеренно-опасным.

При создании фильтрующей системы нами был использован принцип многоступенчатой загрузки, где фильтрующий материал представляет собой структуру «ядро – оболочка». В качестве «ядра» фильтрующего элемента использовали наноструктурированный природный биологически активный органобентонит с высокой площадью удельной поверхности. Так как кристаллическая структура вещества «ядра» слоистая, и гранула имеет развитую поверхность с большой площадью, то она легко обрабатывается водным раствором биополимера. Это позволяет создать на поверхности наноразмерную полимерную «оболочку» и «перезарядить» гранулы, придав им при этом антимикробные свойства.

В качестве экспериментальной модели использовали грамотрицательные бактерии *E. coli* 113–13. Из суточной культуры исследуемого микроорганизма готовили взвесь в физиологическом растворе по оптическому стандарту мутности 10 Ед (ГИСК им. Тарасевича), а затем титровали ее до рабочей концентрации $1 \cdot 10^5$ мк/мл.

Гранулы помещали в стеклянную колонку высотой 30 см. Фильтрацию осуществляли путем пропускания трех объемов по 100 мл взвеси микроорганизмов через колонку с гранулами. Затем отбирали по 0,1 мл фильтрата из каждой пробы, вносили в чашку Петри с мясо-пептонным агаром и с помощью шпателя распределяли по всей поверхности плотной питательной среды. Посевы инкубировали в термостате при температуре 37°C в течение 24 часов, после чего подсчитывали количество выросших колоний в 1 мл фильтрата. В качестве контроля проводили посев рабочей концентрации взвеси.

Все эксперименты проводили в трехкратных повторностях с последующей обработкой методами вариационной статистики с определением средних арифметических величин (M) и средней ошибки средней арифметической (m).

Результаты исследования и их обсуждение

Нами было проведено фильтрование взвеси *E. coli* 113–13 с концентрацией микробных клеток, близкой по содержанию в сточных

бытовых водах, через фильтрующие системы, содержащие только гранулы органобентонита и гранулы, обработанные 1% раствором

ПДДА йодид сахарозы. В ходе проведенных исследований были получены результаты, которые представлены в таблице.

Влияние полимера на выживаемость *E. coli* 113–13

Контроль	Фильтрат, КОЕ/мл (M ± m)	
	Гранулы органобентонита	Гранулы органобентонита + биополимер
586 ± 67	473 ± 51	37 ± 1,9*

Примечание. * – наличие достоверности при уровне значимости $p < 0,05$ по отношению к контролю.

При проведении фильтрации через гранулы органобентонита наблюдалась частичная механическая задержка бактерий кишечной палочки, количество КОЕ/мл достоверно не отличалось от контрольных значений. При этом в посевах фильтрата отмечено появление колоний, отличающихся по морфологическим свойствам от колоний кишечной палочки, что свидетельствовало о присутствии в гранулах органобентонита посторонней микрофлоры.

При посеве фильтрата из системы с обработанными полимером гранулами органобентонита отмечено значительное уменьшение количества КОЕ/мл ($37 \pm 1,9$) в среднем в 15 раз по сравнению с контролем (586 ± 67). Было установлено также, что на степень обеззараживания влияет скорость фильтрации.

Для определения сохранения клеток *E. coli* на гранулах, обработанных полимером, через 24 часа после фильтрования взвеси через фильтр пропускали стерильный физиологический раствор. Затем полученный фильтрат высевали на поверхность плотной питательной среды аналогично вышеприведенным экспериментам. Отмечено отсутствие роста колоний на поверхности питательной среды через 24 часа культивирования в термостате.

Таким образом, установлено, что ПДДА йодид сахарозы, адсорбированный на гранулах органобентонита, обладает бактерицидными свойствами в отношении бактерий группы кишечной палочки.

Заключение

В результате проведенного исследования удалось установить, что фильтрование взвеси *E. coli* 113–13 с концентрацией 10^3 микробных клеток в 1 мл через гранулы органобентонита, обработанные 1% раствором полидиметилдиаллиламмония йодид сахарозы, приводило к снижению количества КОЕ/мл в соответствии с допустимым нормам (не более 100 КОЕ/100 мл). Полученные результаты свидетельствуют об эффективности

разработанной фильтрующей системы на основе обработанных полимером гранул органобентонита в отношении санитарно-показательных микроорганизмов воды.

Список литературы

1. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водоемов. Организация госэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод. МУ 2.1.5.800 – 99. – М., 1999.
2. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод: СанПиН 2.1.5.980-00. – М., 2001.
3. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Образование токсичных продуктов при использовании различных окислителей для очистки воды // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 2. – С. 9–14
4. Костюченко С.В. Ультрафиолетовое излучение современный метод обеззараживания воды // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 4. – С. 25–27.
5. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод. – М.: Высшая школа. – 1987.

References

1. Water's localities disposal, the sanitary protection of water. Organization for the disinfection of wastewater. MI 2.1.5.800-99. M., 1999.
2. Water's localities disposal, the sanitary protection of water. Hygienic requirements for the protection water surface: Sanpin 2.1.5.980-0000. M., 2001.
3. Draginsky V., Alekseeva L. Toxic products using various oxidants for water // Water supply and sanitary engineering. 2002. no 2. pp. 9–14.
4. Kostyuchenko S. Ultraviolet radiation is a modern method of water disinfection // Water supply and sanitary engineering 2002. no. 4. pp. 25–27.
5. Nikoladze G. The natural water purification technology. Moscow: The higher school. 1987.

Рецензенты:

Луцевич И.Н., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой гигиены медико-профилактического факультета Саратовского государственного медицинского университета им. В.И. Разумовского, г. Саратов;

Карпунина Л.В., д.б.н., профессор, заведующая кафедрой микробиологии, вирусологии и биотехнологии Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова, г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 07.05.2013.