УДК 574.5:666.712

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МИКРОПОРИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО БИОМАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КРЕМНИСТОЙ ПОРОДЫ – ОПОКИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В БИОФИЛЬТРАЦИИ И ОЧИСТКИ ВОДЫ

Монтаев С.А.[1], Першин В.Ф.[2], Таскалиев А.Т.[1], Монтаева А.С.[1]

[1]Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, Уральск, e-mail: montaevs@mail.ru;
[2]Тамбовский государственный технический университет, Тамбов

В работе приведены результаты исследований по разработке составов микропористого композиционного органоминерального биоматериала на основе кремнистой породы – опоки для применения в биофильтрации и очистки воды. Разработаны новые композиции органоминерального биоматериала для производства отечественных микропористых наполнителей для биофильтров и сорбентов для биологической очистки воды на основе кремнистой породы – опоки. Установлено, что разработанные новые композиции неорганического биоматериала отличаются тем, что они обладают одновременно высокими показателями микропористости и сорбционной способности. При этих характеристиках создаются идеальные условия для заселения большого количества колоний полезных аэробных бактерий, что гарантированно обеспечивают эффективную биологическую очистку и высокое качество воды. Установлено, что бактерии в заселенном пористом пространстве и на поверхности разработанного органоминерального биоматериала непрерывно очищают и осветляют воду в аквариумах и бассейнах рыбного хозяйства замкнутого водообеспечения. При этом позволяют увеличить срок замены биологических наполнителей до 18–24 месяцев и сэкономить расход воды, предназначенной для замены на 45–50 % по сравнению с существующими аналогами.

Ключевые слова: органоминеральный биоматериал, опока, бентонит, фильтрация, очистка воды.

DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION OF THE MICROPOROUS ORGANIC-BIOMATERIAL COMPOSITE BASED SILICEOUS ROCKS – OPOKU FOR A BIOFILTRATION AND WATER

Montaev S.A.[1], Pershin V.F.[2], Taskaliev A.T.[1], Montaeva A.S.[1]

[1]West Kazakhstan Agrarian Technical University name Zhangir Khan, Uralsk, e-mail: montaevs@mail.ru;
[2]Tambov State Technical University, Tambov

The paper presents the results of research on the development of compositions microporous organic-composite biomaterial based on siliceous rocks – flasks for use in water treatment and biofiltration. Novel compositions of organic-biological material for the production of domestic microporous fillers for biofilters and sorbents for biological purification of water-based siliceous rock – flask. It is found that the inorganic biomaterial developed novel compositions are characterized in that they have both high levels of microporosity and sorption capacity. When these characteristics are ideal conditions for the settlement of a large number of colonies of beneficial aerobic bacteria that are guaranteed to provide effective biological cleaning and high water quality. It was found that bacteria inhabited in the pore space and on the surface of a biomaterial developed organic-continuously purified and clarified water in aquariums and pools of Fisheries closed water circulation. Thus allowed to lengthen term biological replacement fillers to 18–24 months and save consumption of water intended for replacement by 45–50 % in comparison with existing analogues.

Keywords: organo biomaterial flask, bentonite, filtration, water purification.

В Казахстане в последние годы в регионах развивается аквакультура, и одним из важных составляющих компонентов при строительстве заводов по выращиванию рыб являются биофильтры для очистки воды.

Фильтр для биологической очистки воды от продуктов жизнедеятельности в условиях выращивания рыб в условиях замкнутого водообеспечения является актуальной задачей.

Именно в фильтре происходит разложение вредных аммиачных соединений, губительных для рыб замкнутого водоема.

Что касается актуальности касательно очистки воды, то с каждым годом увеличивается забор воды из природных водохозяйственных бассейнов на 15–20 %. Это связано с появлением новых потребителей воды**.** Проведенные исследования по анализу химического состава воды показывают, что с каждым годом увеличивается уровень загрязнения природных водохозяйственных бассейнов примесями железа, марганца, алюминия, гуминовых веществ, аммония и ионами тяжелых металлов, что требует более тонкой очистки забираемой воды.

Имеются труды ученых, которые посвящены решению проблем комплексной очистки воды. При этом доказано, что необходимы новые композиционные материалы и конструкции фильтров для биохимической очистки воды с организацией оборотного водоснабжения [1–5].

Основная часть

Цель работы: Разработка составов технологии композиционного органоминерального биоматериала на основе кремнистой породы – опоки и научно-экспериментальные исследования по практическому применению их в биофильтрации и очистки воды.

Все применяемые фильтрующие материалы должны удовлетворять следующим требованиям:

-обладать высокой механической прочностью,

- химической и термической стойкостью,

- высокой пористостью,

-хорошими адгезионными свойствами по отношению к удаляемым загрязнениям.

Кроме того, они должны легко регенерироваться и иметь относительно низкую стоимость.

Исходя из анализа литературы, установлено, что наиболее перспективными источниками природного сырья для создания органоминеральных наполнителей для биофильтрации воды является кремнистая порода – опока, бентонитовая глина и уголь. Кроме того, учитывалось наличие их значительных запасов в Республике Казахстан. Поэтому в качестве объекта исследований выбраны следующие сырьевые материалы: кремнистая порода – опока Таскалинского и бентонитовая глина Погодаевского месторождений Западно-Казахстанской области и уголь Карагандинского месторождения.

Научно-экспериментальные работы проводились по следующей последовательности:

- подготовка сырьевых материалов для проведения экспериментов путем дозирования с помощью электронных весов;

- проведение совместного помола в лабораторной шаровой мельнице для получения органоминерального порошка с высокой удельной поверхностью;

- перемешивание сырьевой смеси с водой до получения однородной органоминеральной биологической массы;

- приготовление органоминерального биологического материала в виде гранул и цилиндриков со сквозным отверстием различного диаметра и длины;

- обжиг органоминерального биологического материала в виде гранул и цилиндриков в скоростной вращающейся и камерной печи;

- научно-экспериментальные исследования по изучению комплексных свойств и эффективности при биофильтрации и очистки воды.

Научно-экспериментальным исследованиям подвергались следующие свойства органоминерального биологического материала:

1. Прочность при сжатии – МПа, с целью обеспечения необходимых прочностных показателей при различных воздействиях статических и динамических нагрузок (транспортировка, перекладывания в процессе установки в биофильтры и т.п.);

2. Средняя плотность – кг/м^3, с целью обеспечения необходимой легкости, т. е. органоминеральный биоматериал не должен быть слишком тяжелым, что создает определенные трудности при транспортировке, при упаковке к потребителям, при установке к биофильтрам и т.п.;

3. Открытая пористость – %, с целью обеспечения необходимой микропористой структурой, обеспечивающей максимальные аэробные условия для заселения колонии бактериями при биофильтрации воды;

4. Водостойкость – %, с целью обеспечения необходимой стойкости к разрушению под длительным действием воды при биофильтрации и очистке воды;

5. Морозостойкость – циклы, с целью обеспечения необходимой стойкости к разрушению органоминерального биологического материала на воздействия отрицательных температур (замерзание);

6. Сорбционная способность – г/см^2, с целью обеспечения необходимой степени очистки воды от вредных примесей.

Для достижения поставленных целей и задач проекта на начальном этапе были проведены экспериментальные работы по определению оптимального компонентного состава органоминерального биологического материала, обеспечивающего самые лучшие показатели исследуемых свойств.

Исследования проводились в следующих предельных концентрациях выбранных сырьевых материалов, мас. % : кремнистая порода – опока – 50–60, бентонитовая глина – 20–35, уголь – 15–20.

Сначала сырьевые материалы дозировались согласно указанным составам с помощью электронных весов и высушивались в сушильном шкафу при температуре 80 ^{o}C до остаточной влажности 5–6 %. Затем высушенная смесь загружалась в лабораторную шаровую мельницу и подвергалась совместному помолу до удельной поверхности 4000 г/см^2.

Полученные порошки выгружались из шаровой мельницы в сферическую чашу для дальнейшего перемешивания с водой. Для получения формовочной массы смесь тщательно перемешивали с добавлением воды в количестве 25–27 % от массы сухого компонента до получения однородной пластической органоминеральной массы (керамическая биомасса).

Из органоминеральной массы (керамической биомассы) вручную формовались наполнители для биофильтров в виде гранул и в виде цилиндриков со сквозным отверстием.

Приготовленные таким образом наполнители для биофильтров в виде цилиндриков со сквозным отверстием и в виде гранул снова сушились в сушильном шкафу при температуре 65–70 ^{0}C до остаточной влажности 5–7 %.

Высушенные образцы обжигались во вращающейся печи при температуре 700–750 ^{0}C.

Термообработанные готовые образцы наполнителей для биофильтрации воды подвергались исследованию их физико-механических свойств.

Анализ полученных данных экспериментальным путем позволяет заключить следующее:

- с увеличением содержания кремнистой породы – опоки и угля за счет уменьшения количества бентонитовой глины наблюдается небольшое снижение прочности при сжатии. Общее снижение составляет от 10,5 до 7,2 МПа;

- при этом наблюдается резкое снижение показателей средней плотности и повышение общей пористости. Средняя плотность снижается от 825,6 до 613,1 кг/м^3, а открытая пористость повышается 64, 0 до 95,6 %;

- снижение показателей водостойкости незначительны и составляют от 0,89 до 0,81 %;

- снижение показателей морозостойкости также незначительное и составляет от 48 до 45 циклов;

- с увеличением содержания угля значительно повышается сорбционная способность органоминерального биоматериала, которая составляет 1800 г/см^2.

По результатам проведенного анализа выбран оптимальный состав органоминерального биоматериала исходя из минимальных показателей средней плотности, максимальных показателей открытой пористости и сорбционной способности. При таких

показателях прочности, водостойкости и морозостойкости наполнители соответствуют требуемым качествам без признаков разрушения при длительном использовании их при биофильтрации и очистке воды. Дальнейшим этапом исследования было проведение сопоставительного анализа свойств предлагаемого органоминерального биоматериала по сравнению с существующими аналогами.

Ниже приводим результаты сравнительного анализа (таблица).

Результаты сопоставительного анализа свойств предлагаемого органоминерального биоматериала по сравнению с существующими аналогами

Наименование наполнителей	Прочность при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м^3	Открытая пористость, %	Водо-стойкость, %	Морозо-стойкость, -циклы,	Сорб-ционная способ-ность, м² / г
Органомине-ральный биоматериал	8,9	724,2	90,7	0,84	более 47	1645
Полимерные наполнители	4,6	375	отсутствует	0, 94	более 35	отсутствует
Керамзит	3,2	350	отсутствует	0,78	12	отсутствует

Как показывают результаты сопоставительного анализа свойств, сравниваемые объекты не обладают такими важными свойствами, как открытая пористость и сорбционная способность. Отсутствие в них открытой пористости не обеспечивает заселения колонии бактериями, являющимися основными участниками биофильтрации воды. А отсутствие сорбционной способности в них является основным фактором, что они вовсе не участвуют в дополнительном процессе по очистке воды от вредных примесей.

Для достижения поставленных целей была изготовлена опытно-промышленная партия органоминерального биоматериала в условиях научно и учебно-производственного центра НИИ «Инжиниринга и ресурсосбережения» ЗКАТУ им. Жангир хана.

Изготовленный органоминеральный биоматериал собственного производства был подвергнут испытанию для биофильтрации воды в условиях аквариумной системы и на базе опытно-производственного участка «Аквакультура» по выращиванию осетровых рыб в условиях замкнутого водообеспечения ЗКАТУ им. Жангир хана.

Сначала органоминеральный биоматериал собственного производства был подвергнут испытанию в условиях аквариумной системы.

Для этого в аквариуме наполнитель импортного производства был заменен на органоминеральный биоматериал собственного производства для биофильтрации и очистки воды.

Вторым этапом научно-экспериментальных работ была замена наполнителей импортного производства на органоминеральный биоматериал собственного производства на базе действующего опытно-производственного участка «Аквакультура» по выращиванию осетровых рыб в условиях замкнутого водообеспечения.

Результаты исследований показали, что, используя разработанный новый органоминеральный биоматериал в аквариумах, можно добиться значительно меньших вредных показателей для жизнедеятельности рыб в условиях замкнутого водообеспечения.

Полная замена импортных наполнителей на органоминеральный биоматериал собственного производства в условиях аквариумной системы и бассейна действующего опытно-производственного участка «Аквакультуры» позволили получить следующие эффективные результаты:

- сократилась продолжительность лаг – фазы до 12 дней (против 25–30 дней при использовании импортных наполнителей), т.е. период адаптации бактерий к новой среде обитания происходит почти в 2–2,5 раза меньше. Следовательно, процесс биофильтрации воды происходит в короткие сроки, что является немаловажным фактором для создания благоприятной среды для жизнедеятельности и роста рыб.

Заключение

1. Разработаны новые композиции органоминерального биоматериала для производства отечественных микропористых наполнителей для биофильтров и сорбентов для биологической очистки воды на основе кремнистой породы – опоки.

2. По результатам научно-экспериментальных работ доказана их биологическая эффективность при использовании их в качестве наполнителей и сорбентов для биофильтрации воды.

3. Установлено, что разработанные новые композиции неорганического биоматериала отличаются тем, что они обладают одновременно высокими показателями микропористости и сорбционной способности. При таких характеристиках создаются идеальные условия для заселения колонии большим количеством полезных аэробных бактерий, что гарантированно обеспечивают эффективную биологическую очистку и высокое качество воды.

4. Установлено, что бактерии в заселенном пористом пространстве и на поверхности разработанного органоминерального биоматериала непрерывно очищают и осветляют воду в аквариумах и бассейнах рыбного хозяйства замкнутого водообеспечения. При этом позволяют увеличивать срок замены биологических наполнителей до 18–24 месяцев и сэкономить расход воды предназначенных для замены на 45–50 % по сравнению с существующими аналогами.

5. Установлено, что разработанные новые композиции органоминерального биоматериала благодаря высокой сорбционной способности позволяют использовать их в качестве сорбента в составе конструкции насыпных фильтров для очистки воды хозяйственного и питьевого назначения.

6. Разработанные новые композиции неорганического биоматериала благодаря своим высоким показателям микропористости, сорбционной способности и биологической эффективности позволяют рекомендовать их использование на станциях биологической очистки сточных вод городов и населенных пунктов.

Список литературы

1. Камалов С.М., Ли К.А. География размещения месторождений полезных ископаемых Уральской области и их народнохозяйственное значение. – Уральск: Творч. фирма «Диалог», 1992. – 156 с.
2. Перушкина Е. В. Биообезвреживание серосодержащих сточных вод в процессах культивирования сероокисляющих микроорганизмов : дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2008. – 145 с.
3. Перспективы производства керамических фильтров на основе опок Таскалинского месторождения Республики Казахстан / В.Ф. Першин, А.М. Воробьев, С.В. Першина, С.А. Монтаев, А.Т. Таскалиев, Н.С. Монтаева // Сб. науч. тр. Sworld. – Одесса: ООО «Научный мир», 2014. – Т. 7, № 1. – С. 71-73.
4. Семенова Е. Н. Микробная трансформация соединений азота в процессе биофильтрации сточных вод : дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2008. – 136 с.
5. Исследования керамической композиции в системе опока – монтмориллонитовая глина – углерод для создания природного сорбента для фильтрации и очистки воды / С.А. Монтаев, А.С. Монтаева, А.Т. Таскалиев, Н.Б. Адилова, Н.С. Монтаева // С-П.: Научный журнал «Globus», 2016. – С. 73–78.