
ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 541.183+628.33/36

Л.С. Бянкина, О.А. Апанасенко, С.А. Каткова, Н.Н. Жамская

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 526

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ВЕРМИКУЛИТОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К БЕЛКУ

Изучена адсорбция белка из водного раствора на четырех новых вермикулитах, модифицированных с помощью химической обработки: I – вермикулит + HCl + полиэтилен; II – вермикулит + HCl + полиферрофенилсилоксан; III – вермикулит + HCl + полифенилсилоксан; IV – вермикулит, обработанный целлюлозой. Показано, что модификация вермикулита такими соединениями, как полиэтилен, полифенилсилоксан, полиферрофенилсилоксан неэффективна при адсорбции белка из водных растворов. Сорбент, модифицированный целлюлозой – IV, имеет наилучшие сорбционные свойства по отношению к белку, его можно рекомендовать для адсорбционной доочистки сточных вод от белка.

Ключевые слова: адсорбция, сорбенты, вермикулит, модифицирование, сточные воды, белок, концентрация, оптическая плотность.

L.S. Byankina, O.A. Apanasenko, S.A. Katkova, N.N. Jamskaja

STUDY OF THE SORPTION CAPACITY OF MODIFIED SORBENTS BASED ON VERMICULITES RELATIVE TO PROTEIN

The adsorption of protein from an aqueous solution on four new vermiculites modified by chemical treatment was studied: I - vermiculite + HCl + polyethylene; II - vermiculite + HCl + polyferrophenylsiloxane; III - vermiculite + HCl + polyphenylsiloxane; IV - cellulose treated vermiculite. Modification of vermiculite by such compounds as polyethylene, polyphenylsiloxane, polyferrophenylsiloxane has been shown to be ineffective in protein adsorption from aqueous solutions. Cellulose-IV modified sorbent has the best sorption properties with respect to protein; it can be recommended for adsorption treatment of wastewater from protein.

Key words: adsorption, sorbents, vermiculite, modification, wastewater, protein, concentration, optical density.

На сегодняшний день очистка сточных вод предприятий является актуальной экологической проблемой. Она существует во всех регионах России, в том числе и в Приморском крае. Несмотря на все меры и методы, применяемые для очистки сточных вод, загрязнители продолжают поступать в водные объекты. Наиболее опасными загрязнителями являются органические вещества (белки, жиры, красители и т.д.). В настоящее время большое внимание исследователей уделяется очистке производственных сточных вод с целью выделения и утилизации биологически ценного продукта – белка [1]. Чтобы очистить эти воды, применяются способы, разные по своей эффективности. Например, нами был предложен способ от водорастворимого белка, липидов и других органических веществ, включающий механическое отделение взвесей, коагуляцию и электрообработку раствора (электроокисление) в электро-

флотаторе с анодом промышленного производства на основе оксидов рутения и титана [2]. Но проблема полной очистки производственных стоков от растворенных в воде органических веществ, в частности белка, является одной из наиболее важных и одновременно трудно решаемых. Поэтому поиск новых эффективных способов очистки и доочистки промышленных сточных вод является по-прежнему актуальным.

Простым и эффективным методом доочистки воды является адсорбция. Как следует из анализа литературных источников, адсорбционная очистка в большинстве случаев обеспечивает получение воды требуемого качества при разнообразном органическом составе воды, поступающей на обработку. В последние годы для адсорбции часто применяют минеральные сорбенты – вермикулиты. Вермикулиты обладают повышенной избирательностью к ионам тяжелых металлов, полярным веществам, что позволяет ожидать высокую эффективность в процессах очистки сточных вод [3–6]. Вермикулит представляет собой минерал из группы гидрослюдов, желтовато-палевого цвета, с характерным для продуктов слюды блестящим отсветом, вспучивающийся при температуре 400–1000 °С с увеличением объема в 7–10 раз. Насыпная масса вспученного вермикулита составляет 75–200 кг/м³.

Данный материал отличается хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами, термической и биологической стойкостью, химической инертностью, способностью к избирательному ионному обмену. Этот комплекс свойств объясняет широкое использование вспученного вермикулита в различных отраслях промышленности, включая строительство, машиностроение, сельское хозяйство, металлургию, химию и т.д.

В работе [7] нами было показано, что вермикулиты являются хорошими адсорбентами для очистки сточных вод рыбной промышленности, степень очистки составляла от 53 до 89 %.

Композиты, получаемые на основе модификации вермикулитов биополимерами, высокотехнологичны, поэтому они обладают сорбционными свойствами [4]. В этой связи на основе экспериментальных исследований синтезируют новые модифицированные сорбенты-вермикулиты, которые предназначены для локальной доочистки воды [5, 8].

Ранее нами была исследована возможность сорбционного удаления фенола из водных сред с помощью модифицированных целлюлозой вермикулитов, предварительно обработанных соляной кислотой [9]. Было показано, что модифицированные целлюлозой вермикулиты с последующим прокаливанием при температуре 600–700 °С можно рекомендовать для адсорбционной доочистки вод от фенола в тестовом режиме.

Целью данной работы явилось исследование физико-химических свойств новых модифицированных сорбентов на основе вермикулитов Кошкарковского и Ковдорского месторождений и месторождения на острове Русском, изучение процессов доочистки сточных вод от белков и оценка эффективности их применения для улучшения экологической ситуации водных объектов.

Объект исследования: модифицированный вермикулит Кошкарковского и Ковдорского месторождений и месторождения на острове Русском, модельные сточные воды приготовления фарша минтая.

Нами было проведено исследование адсорбционной способности вермикулитов, обработанных другими модификаторами. Такими модифицированными сорбентами были:

- I – вермикулит + HCl + полиэтилен;
- II – вермикулит + HCl + полиферрофенилсилоксан;
- III – вермикулит + HCl + полифенилсилоксан;
- IV – вермикулит, обработанный целлюлозой.

Отмечено, что первый, второй и третий сорбенты имеют очень плохую смачиваемость водным раствором белка.

Предмет исследования: процессы сорбции рыбных белков на вермикулите трёх место-рождений, модифицированном разными материалами.

Для этого водные растворы белков готовили на основе фарша из минтая по методике [10] с концентрацией белка 0,02–0,51 мг/мл. Концентрацию белка в растворе определяли по методу Лоури [11]. Содержание белка в испытуемой пробе устанавливали по калибровочному графику, построенному по альбумину.

Адсорбцию проводили в статистических условиях в течение 60 мин при температуре 18–20 °С и кислой среде (рН=6–7), масса сорбента 0,5 г, объём раствора 50 мл. Оптическую плотность измеряли на приборе КФК-2 (длина волны $\lambda=750$ нм, длина кюветы 10 мм, проба для сравнения: вода со всеми необходимыми реактивами).

Зависимость адсорбции белка сорбентом на основе вермикулита от концентрации белка определяли по формуле

$$A = \frac{(C_0 - C_p) \cdot V}{m},$$

где C_0 – концентрация белка в мг/мл, до адсорбции; C_p – концентрация белка в мг/мл, после адсорбции; V – объём раствора, мл; m – масса сорбента, г; A – адсорбция, мг/г.

На основании экспериментальных данных оценивали сорбционные свойства вермикулитов. Результаты исследований представлены в табл. 1–4.

Таблица 1

Адсорбционные свойства вермикулита I

Table 1

Adsorption properties of vermiculite I

I № опыта	Вермикулит + HCl + полиэтилен				Адсорбция белка сорбентом A, мг/г	Степень очистки, %
	до адсорбции		после адсорбции			
	D ₀	C ₀	D _p	C _p		
1	0,66	0,255	0,62	0,240	1,5	6
2	0,52	0,153	0,45	0,13	2,3	15
3	0,34	0,051	0,25	0,042	0,9	17
4	0,25	0,025	0,18	0,022	0,3	12
5	0,140	0,017	0,115	0,015	0,2	11

Примечание. В табл. 1–4 приняты следующие обозначения: C_0 и C_p – начальная и равновесная концентрации белка, мг/мл; D_0 и D_p – оптическая плотность растворов, A – адсорбция, мг/г.

Таблица 2

Адсорбционные свойства вермикулита II

Table 2

Adsorption properties of vermiculite II

II № опыта	Вермикулит + HCl + полиферрофенилсилоксан				Адсорбция белка сорбентом A, мг/г	Степень очистки, %
	до адсорбции		после адсорбции			
	D ₀	C ₀	D _p	C _p		
1	0,85	0,362	0,72	0,29	7,2	20
2	0,56	0,18	0,51	0,15	3,0	16
3	0,375	0,07	0,35	0,06	1,0	14
4	0,28	0,04	0,20	0,035	0,5	12
5	0,165	0,025	0,11	0,023	0,2	8

Таблица 3

Адсорбционные свойства вермикулита III

Table 3

Adsorption properties of vermiculite III

№ опыта	Вермикулит + HCl + полифенилсилоксан				Адсорбция белка сорбентом А, мг/г	Степень очистки, %
	до адсорбции		после адсорбции			
	D ₀	C ₀	D _p	C _p		
1	0,66	0,255	0,58	0,20	5,5	22
2	0,52	0,17	0,45	0,14	3,0	18
3	0,315	0,05	0,28	0,04	1,0	20
4	0,225	0,036	0,14	0,032	0,2	11
5	0,125	0,022	0,06	0,020	0,2	10

Таблица 4

Адсорбционные свойства вермикулита IV

Table 4

Adsorption properties of vermiculite IV

№ опыта	Вермикулит + целлюлоза				Адсорбция белка сорбентом А, мг/г	Степень очистки, %
	до адсорбции		после адсорбции			
	D ₀	C ₀	D _p	C _p		
1	1,00	0,51	0,80	0,27	24,0	47
2	0,69	0,27	0,44	0,13	14,0	52
3	0,55	0,17	0,21	0,08	9,0	53
4	0,39	0,1	0,09	0,048	5,2	52
5	0,28	0,04	0,042	0,023	1,7	43

Анализ результатов исследования показывает, что на всех модифицированных сорбентах какой-либо существенной адсорбции белка не происходит, адсорбционные свойства модифицированных вермикулитов (I, II и III) по отношению к белку слабо выражены, сорбенты недостаточно эффективны и непригодны для доочистки сточных вод от белка. Только вермикулит, обработанный целлюлозой (IV), проявляет незначительную адсорбционную активность (47–53 %), его можно рекомендовать для адсорбционной доочистки сточных вод от белка. Однако, в сравнении с вермикулитами Кокшаровского, Ковдорского месторождений и месторождения острова Русский, этот сорбент значительно уступает им в адсорбционной способности белков [7]. Таким образом, модификация вермикулита такими соединениями, как полиэтилен, полифенилсилоксан, полиферрофенилсилоксан делает сорбент непригодным для адсорбции белков из раствора. А модификация целлюлозой существенно снижает адсорбционную активность природного сорбента.

Список литературы

1. Адсорбция белков и жиров из сточных вод пищевых предприятий на природных сорбентах / Н.П. Шапкин, Н.Н. Жамская, А.С. Скобун и др. // Изв. вузов. Пищевая технология. 2001. № 4. С. 36–38.
2. Совершенствование электрохимического метода очистки сточных вод / Н.П. Шапкин, Е.К. Папынов, И.Г. Хальченко, Н.Н. Жамская, С.А. Каткова, О.А. Апанасенко // Приморские зори-2012: сб. науч. тр. Владивосток: Изд-во ТАНЭБ, 2012. Вып. 1. С. 32–35.

3. Когановский А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М. Адсорбция органических веществ из воды. Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1990. 256 с.
4. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев: Наукова думка, 1981. 278 с.
5. Челищев Н.Ф., Беренштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. М.: Недра, 1987. 175 с.
6. Химическая модификация природных цеолитов Дальнего Востока / Н.П. Шапкин, В.Ю. Поляков, В.Я. Шапкина, Ю.Т. Сибирцев, В.А. Рассказов // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2002. Т. 45. Вып. 2. С. 101–105.
7. Сравнительная характеристика адсорбционных свойств вермикулитов месторождений Приморского края / Н.Н. Жамская, О.А. Апанасенко, Л.С. Бянкина, С.А. Каткова // Достижения и проблемы современной науки: материалы XVI Междунар. НТК. СПб.: Глобус, 2017. С. 104–107.
8. Исследование адсорбционных свойств композитов на основе вермикулита по отношению к фенолу / Н.Н. Жамская, Л.С. Бянкина, О.А. Апанасенко, С.А. Каткова, Ю.В. Иванов // Вода: химия и экология. 2019. № 1–2. С. 138–141.
9. Жамская Н.Н., Талашкевич Е.А., Шапкин Н.П. Адсорбционные процессы в решении проблем очистки сточных вод пищевых производств / Информ. листок № 80–96. Владивосток: ПримЦНТИ. 1996. 4 с.
10. Филиппович Ю.Б. Практикум по общей биохимии. М.: Просвещение, 1975. 318 с.

Сведения об авторах: Бянкина Людмила Степановна, кандидат химических наук, доцент, e-mail: lbyankina@mail.ru;

Апанасенко Ольга Александровна, кандидат химических наук, доцент, e-mail: olgahimik@mail.ru;

Каткова Светлана Алексеевна, кандидат химических наук, доцент, e-mail: mashkova_73@mail.ru;

Жамская Нелли Николаевна, кандидат химических наук, профессор, e-mail: zhamskaya@yandex.ru.