

SMART-БИОСОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ПИВОВАРЕННЫХ ДРОЖЖЕЙ И НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО МАГНЕТИТА

Аронбаев Сергей Дмитриевич,
д.х.н., профессор кафедры неорганической химии Института биохимии Самаркандского
государственного университета им. Ш.Рашидова

Аронбаев Дмитрий Маркиэлович,
к.х.н., доцент кафедры неорганической химии Института биохимии Самаркандского
государственного университета им. Ш.Рашидова

Аннотация. Показана возможность и варианты использования магнитоуправляемого сорбента на основе клеточных стенок пивоваренных дрожжей и наноструктурированного магнетита в биосорбционных технологиях для ремедиации сточных и поверхностных вод.

Ключевые слова: биосорбция, клеточные стенки дрожжей, магнетит, тяжелые металлы, ремедиация.

Аннотация. Оқава ва ёрусти сувларини қайта ишлаш учун биосорбцион технологияларда пиво ачитқилари ва нанотузилишли магнититларнинг хужайра деворлари асосида магнитли бошқариладиган сорбентлардан фойдаланиш турлари ва имкониятлари кўрсатилган.

Калит сўзлар: биосорбцион тухнология, хамиртуруш хужайра деворлари, магнетит, оғир металллар, ремедиация.

Abstract. The possibility and options of using a magnetically controlled sorbent based on the cell walls of brewing yeast and nanostructured magnetite in biosorption technologies for remediation of wastewater and surface waters are shown.

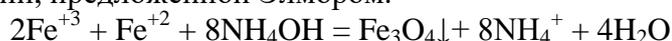
Keywords: biosorption, yeast cell walls, magnetite, heavy metals, remediation.

Биосорбционные технологии, предполагающие использование живых или мертвых микроорганизмов различных таксономических групп, находят все большее применение для очистки сточных, поверхностных и питьевых вод от тяжелых металлов, радионуклидов, органических и прочих загрязнителей [1,2]. В то же время коммерциализацию биосорбционных технологий сдерживают проблемы технического характера, связанные с эксплуатацией и регенерацией нативного биосорбента. Частично эта проблема решается иммобилизацией биомассы на твердом инертном носителе, например, на угле, цеолитах, вермикулите или включением их в альгинатный гель [3]. В этом случае становится возможным применение динамического процесса сорбции, так называемого, «колоночного варианта». Однако, при этом падает сорбционная емкость биосорбента по сравнению со статической биосорбцией, а также сохраняются проблемы регенерации биосорбента и его замены при полной выработке.

Настоящее исследование ставит перед собой целью разработку «умного» сорбционного материала, обладающего магнитными свойствами.

Этот эффект достигается тем, что осуществляется совместная иммобилизация биомассы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и наночастиц (НЧ) синтетического магнетита в Са-альгинатный гель. Тогда, при сохранении достоинств твердых альгинатных биосорбентов, вновь синтезируемый смарт-сорбент становится магнитоуправляемым, что позволяет облегчить его технологическое применение.

Для этого получали магнетит, по технологии, предусматривающей синтез однородных магнитных частиц по реакции, предложенной Элмором.



Основными характеристиками, которыми должны обладать наночастицы магнетита, являются отсутствие остаточной намагниченности; однородность по дисперсности; высокие значения магнитной восприимчивости.

Нами были исследованы возможные факторы, влияющие на образование НЧ магнетита: мольное соотношение солей железа; природа и концентрация основания; условия синтеза: температура и интенсивность перемешивания. Полученные при этом наночастицы магнетита

имели средний размер порядка 10 – 20 нм [4], которые были в дальнейшем использованы для создания биосорбционных материалов, предназначенных для ремедиации сточных вод.

Ранее нами было показано, что нативные клеточные стенки дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* имеют приемлемые сорбционные характеристики, позволяющие их использовать в качестве сырья для получения дешевого биосорбента [5]. Для придания им магнитных свойств поступали следующим образом:

К смеси 1,0 г полученного магнетита и 0,8 г альгината добавляли при перемешивании 20 мл 0,25М фосфатного буфера с рН 6,86 и вводили в смесь 800 мг клеточных стенок дрожжей. После 15 минутного интенсивного перемешивания полученную суспензию продавливали с помощью шприца в 0,2М раствор хлористого кальция. Полученные альгинатные гранулы диаметром 1-1,5 мм с иммобилизованной биомассой дрожжей оставляли в растворе на 30 минут для затвердевания. Гранулы отмывали, удерживая их на дне сосуда с помощью постоянного магнита [6]:

Оценку сорбционной способности магнитного биосорбента по отношению к ионам тяжелых металлов (Pb^{+2} , Cd^{+2} , Cu^{+2}) проводили методом равновесных концентраций по разности их концентраций ионов тяжелого металла в исходном и конечном растворах с учетом объема раствора и массы биосорбента. Для этого к 100 мл модельного раствора иона тяжелого металла с известной концентрацией (5-100 мг/л) добавляли 1 г магнитного биосорбента, встряхивали содержимое на горизонтальном шейкере с частотой 150 об/мин в течении 3 часов. Измерения концентраций указанных ионов проводили с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра «Аурога».

На рисунке 1 приводится фото полученного биосорбента.

Предварительными исследованиями было установлено, что максимальная сорбционная емкость полученного «smart» материала в статическом режиме сорбции, рассчитанная из уравнения Ленгмюра, составляет: Cu – 25,60 мг/г; Cd – 34,48 мг/г; Pb – 125 мг/г; U – 183,3 мг/г; фенол – 18,9 мг/г.

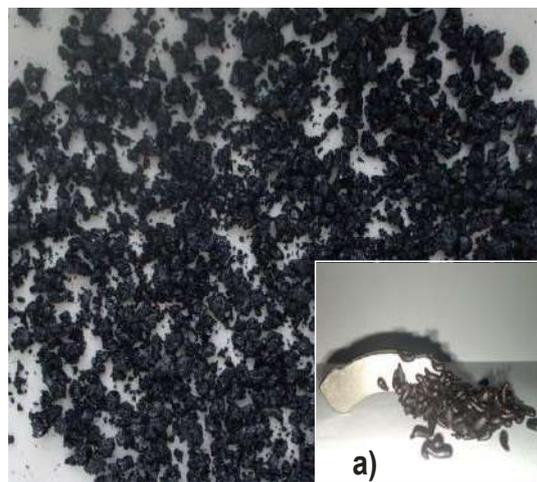


Рис.1.

Магнитоуправляемый биосорбент.

а) удерживание сорбента постоянным магнитом.

Приданные биосорбенту магнитные свойства, позволяют более технологичную его эксплуатацию при концентрировании и извлечении поллютантов из растворов, так как позволяют осуществлять сорбцию в статическом режиме (например, в большой емкости) и облегчают его регенерацию и удаление из реактора после его выработки (как показано на рисунке 2). Применение магнитоуправляемого биосорбента в колоночном варианте сорбции также имеет ряд инженерно-технических преимуществ. Так, например, биосорбент может находиться в компактном состоянии в виде фильтра в магнитном поле соленоида (Рис.3).

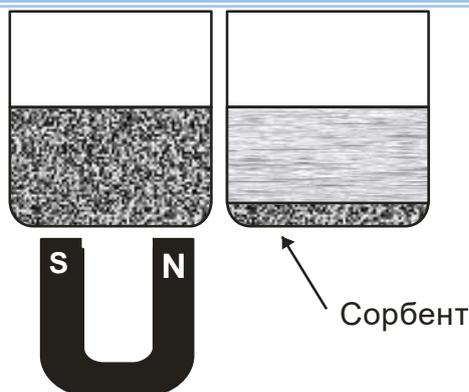


Рис. 2. Схема осуществления биосорбции в статическом режиме.

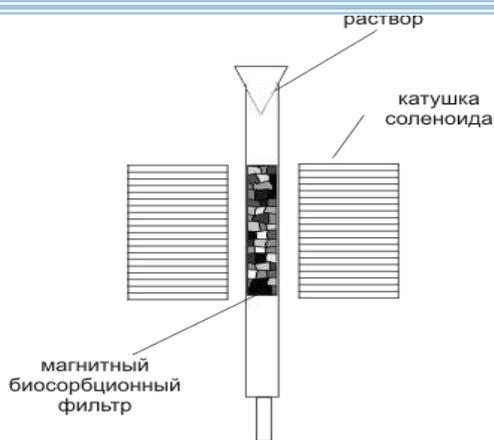


Рис.3. Колоночный вариант применения магнитоуправляемого биосорбента.

При его «заиливании» или необходимости замены, ток соленоида отключается и происходит встряхивание фильтра-биосорбента. Удастся производить с ним различные профилактические мероприятия. При подаче тока на обмотку соленоида, магнитные частицы биосорбента вновь формируют фильтр, через который будет проходить очищаемая жидкость.

В таблице 1 представлены результаты лабораторных испытаний технологии биосорбционной очистки сточных вод с использованием динамического режима (колоночный вариант). Размеры биофильтра, сформированного в магнитном поле соленоида: 1,5 x 5,0 см; скорость фильтрации 1,5 мл/мин.

Таблица 1

Сорбция тяжелых металлов из многокомпонентных растворов

Элементы	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Fe	Co	Ni
Исходная концентрация, мг/л	11,6	8,4	18,8	14,5	3,8	6,6	4,8	9,5
Концентрация раствора после обработки, мг/л	2,2	0,04	0,18	0,14	0,36	0,40	0,33	1,47
Степень извлечения, %	81,0	99,5	99,1	99,0	90,5	93,9	93,1	84,5
ПДК в питьевой воде, мг/л	1,0	0,01	0,1	5,0	0,1	0,3	1,0	0,02

Таким образом, нами продемонстрирована возможность реализации принципиально нового решения для осуществления биосорбционных процессов для концентрирования, разделения и извлечения тяжелых металлов, радионуклидов, токсинов в:

- гидрометаллургической, горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности для извлечения цветных, драгоценных и сопутствующих им металлов;
- на предприятиях ядерного цикла;
- природоохранных мероприятиях;
- аналитической химии для предконцентрирования экотоксикантов и их последующего определения на уровне ПДК и ниже.

Созданы предпосылки для реализации биосорбционных технологий, способных заменить целый цикл производства, использующий дорогостоящие сорбенты природного и синтетического происхождения в различных отраслях промышленности.

Список использованной литературы

1. Volesky B. Biosorption and me // Water Res.- 2007; 41. –P 4017–29.
2. Vieira R.H.S.F., Volesky B. Biosorption: a solution to pollution? // In: Microbiol - 2000; 3. –P. 17–24.
3. Аронбаев С.Д., Насимов А.М., Аронбаев Д.М. Сравнительная характеристика методов иммобилизации клеточной биомассы пивоваренных дрожжей на твердых носителях // Научный Вестник СамГУ.- 2015.- №3 (91) - С. 95-102.
4. Аронбаев Д.М., Аронбаев С.Д., Насимов А.М. и др. Синтез и исследование суперпарамагнитных свойств наночастиц магнетита и магнитных жидкостей на их основе // Научный Вестник СамГУ. – 2013. - №5. - С.97-101.

-
-
5. Насимов А.М., Аронбаев С.Д. Биосорбция ионов, свинца, кадмия и меди осадочными дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* // Экологические системы и приборы, ЭСиП. -2011. - №2. - С.3-7.
 6. Аронбаев С.Д. Биосорбция и мы. – Казань: БУК, 2018. – 290 с.