

ПРИРОДНЫЕ ДИСПЕРСНЫЕ МИНЕРАЛЫ В АДСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКЕ САХАРНЫХ РАСТВОРОВ

Бабич Н.А., Манк В.В., Федоренко Г.А.

Украинский Государственный Университет Пищевых Технологий

г. Киев

Марцин И.И.

Институт Биокolloидной химии НАН Украины, г. Киев, Украина

Одной из важнейших задач технологии сахарного производства является максимальное удаление несахаров из сахарных растворов. С этой целью была рассмотрена возможность использования природных дисперсных минералов для интенсификации процессов адсорбционной очистки полупродуктов свеклосахарного производства.

Глинистые минералы относятся к группе слоистых водных осадков и характеризуются высокой дисперсностью и гидрофильностью, способностью к сорбции и ионному обмену /1/. Две основные причины обусловили их широкое использование: в отличие от синтетических, минеральные адсорбенты дешевы, легко доступны для получения. Кроме того, запасы их в недрах Земли огромны и они отвечают многим требованиям адсорбционной техники. Довольно высокие адсорбционные, каталитические и ионообменные свойства глинистых минералов, появление эффективных методов регулирования их геометрической структуры и химической природы поверхности, наличие крупных промышленных месторождений и дешевизна глины делают экономически целесообразным их применение во многих технологических процессах.

Имеются многочисленные данные, указывающие на то, что все глинистые минералы способны сорбировать ионы или молекулы красителей /2/. При этом глинистые минералы проявляют три основных типа сорбционных связей.

1. Электровалентные (ионные) связи образуются в ходе обменной сорбции катионов красителя, замещающих неорганические катионы обменного комплекса глины. Этот тип связи преобладает у минералов монтмориллонитовой и вермикулитовой групп, а также у гидрослед и гидрохлоридов, содержащих монтмориллонитовый компонент. Краситель сорбируется главным образом на базальных поверхностях алюмосиликатных слоев.

2. Водородные связи возникнут при сорбции молекул красителя на активных (наружных) гидроксильных группах минералов. Образование этих связей наиболее характерно для минералов группы каолинита, не-

набухающих гидрослоев, асбестов.

3. Электровалентные связи, которые возникают при сорбции ионизированных молекул красителя (одновременно катионов и анионов) по так называемым "оборванным" или нарушенным связям. Активные центры образования таких связей - ионы кристаллической решетки - находятся обычно на углах, ребрах, сколах кристаллов. Этот тип связи слабо проявляется у глинистых минералов со значительными ионообменными свойствами, но отчетливо заметен у минералов группы каолинита. Таким образом, у отдельных групп глинистых минералов проявляется преимущественно один из трех типов сорбционных связей.

По данным проведенных нами экспериментальных исследований по выяснению обесцвечивающей способности минеральных сорбентов подобраны наиболее перспективные для использования в процессах очистки полупродуктов сахарного производства природные дисперсные минералы различных месторождений Украины.

Исследована кинетика адсорбции красящих веществ полупродуктов свеклосахарного производства природными дисперсными минералами. Время установления равновесия в системе адсорбент - адсорбат при использовании природных сорбентов с размером частиц менее 0,25 мм не превышает 5 мин. При внесении в раствор фракций минералов с диаметром частиц 0,25 - 0,5, 0,5 - 1 и 1 - 1,5 мм для достижения равновесия в системе достаточно 15 мин.

Обесцвечивающую способность глинистых минералов определяли на модельном сахарном растворе, содержащем 4,2 % сухих веществ и имеющем оптическую плотность 0,8 при толщине кюветы 10 мм и длине волны 560 нм [3]. В 100 мл раствора помещали навеску минерального сорбента (2 % по массе раствора) и перемешивали на магнитной мешалке в течение 15 мин. Оптическую плотность обесцвеченного раствора измеряли после его фильтрования. Вычисляли обесцвечивающую способность минерала Э (%), концентрацию красящих веществ в растворе С (г/см³) и величину удельной адсорбции красящих веществ а (г на 1 г минерала) по уравнениям:

$$\text{Э} = \frac{D_0 - D}{D_0} \cdot 100, \quad (1)$$

где D_0 и D - оптическая плотность раствора до и после обесцвечивания соответственно.

$$C = \frac{D}{k \cdot l}, \quad (2)$$

где l - толщина слоя раствора, см; k - постоянная.

$$a = \frac{(C_0 - C) \cdot V}{m} \quad (3)$$

где V - объем системы, см³; m - навеска минерала, г.
Значения коэффициента k в уравнении (2) для красящих веществ полупродуктов свеклосахарного производства установлены экспериментально [4] и составляют:

Длина волны, нм	420	560
Коэффициент k	1150	250

Изучена обесцвечивающая способность как природных дисперсных минералов, так и карбоната кальция, который широко используется в сахарной промышленности в настоящее время. Карбонат кальция получили химическим путем при реакции между карбонатом натрия и хлоридом кальция. В химическом стакане, установленном на магнитной мешалке, смешивали 2 н раствор хлорида кальция и модельный раствор. С постоянным в течение опыта расходом вводили 2 н раствор карбоната натрия, эквивалентный объему хлорида кальция. После этого раствор перемешивали еще 5 мин и отстаивали 10 мин, в фильтрате определяли оптическую плотность с учетом разбавления.

Результаты измерений и вычислений приведены в таблице 1.

Таблица 1

N	Название минерала	Э, %	$C \cdot 10^3$, г/см ³	$a \cdot 10^2$, г/г
1.	Монтмориллонит	71	0,93	11,35
2.	Сапонит	28	2,30	4,50
3.	Пальгорскит	47	1,85	6,75
4.	Каолин глуховский	25	2,40	4,00
5.	Каолин глуховецкий	32	2,18	5,10
6.	Гидрослюда	35	2,10	5,50
7.	Глауконит	25	2,40	4,00
8.	Бентонит	33	2,14	5,30
9.	Бентон НТ	45	1,76	7,20
10.	Зеолит	5	3,04	0,80
11.	Карбонат кальция	38	1,98	6,10

Из таблицы видно, что эффект обесцвечивания большинства мине-

ральных сорбентов ниже, чем у карбоната кальция. Более высокой обесцвечивающей способностью обладают монтмориллонит, палыгорскит и бентон НТ.

Исследовано влияние расхода адсорбента (Q, %) на величину адсорбции красящих веществ полупродуктов свеклосахарного производства. Адсорбент вносили в модельный раствор с содержанием сухих веществ 4,2 % и оптической плотностью 0,8 в количестве: 0,5; 1; 2; 3; 4; 5 и 6 % к массе продукта. После перемешивания в течение 15 мин в отфильтрованных растворах определяли оптическую плотность и рассчитывали концентрацию красящих веществ, эффект обесцвечивания и удельную адсорбцию красящих веществ. Результаты исследований представлены на рис. 1 и в таблице 2 на примере палыгорскита.

Таблица 2

Навеска, г	Q, %	D, ед. опт. пл.	Э, %	$C \cdot 10^3$ г/см ³	$a \cdot 10^2$ г/г
0	0	0,8	-	3,2	-
0,25	0,5	0,64	20,0	2,56	12,8
0,5	1,0	0,58	27,5	2,32	9,8
1,0	2,0	0,49	38,8	1,96	6,2
1,5	3,0	0,44	45,0	1,76	4,8
2,0	4,0	0,425	46,9	1,70	3,75
2,5	5,0	0,42	47,5	1,68	3,04
3,0	6,0	0,415	48,1	1,66	2,56

Как видно на рис. 1, оптимальный расход минеральных сорбентов составляет 3 % по массе раствора.

Разработана методика подготовки и смешивания природных минеральных сорбентов с модельными сахарными соками. Исследовались два варианта: применение глинистых минералов в виде сухого порошка и в виде концентрированной суспензии. Концентрированные суспензии были приготовлены на рабочем модельном растворе. Концентрация твердой фазы составляла 40 %. Суспензии выдерживались при комнатной температуре в течение 24 час. В модельный раствор вносили навеску суспензии из расчета 2 % твердой фазы по массе раствора. Результаты представлены в таблице 3 на примере палыгорскита и бентонита.

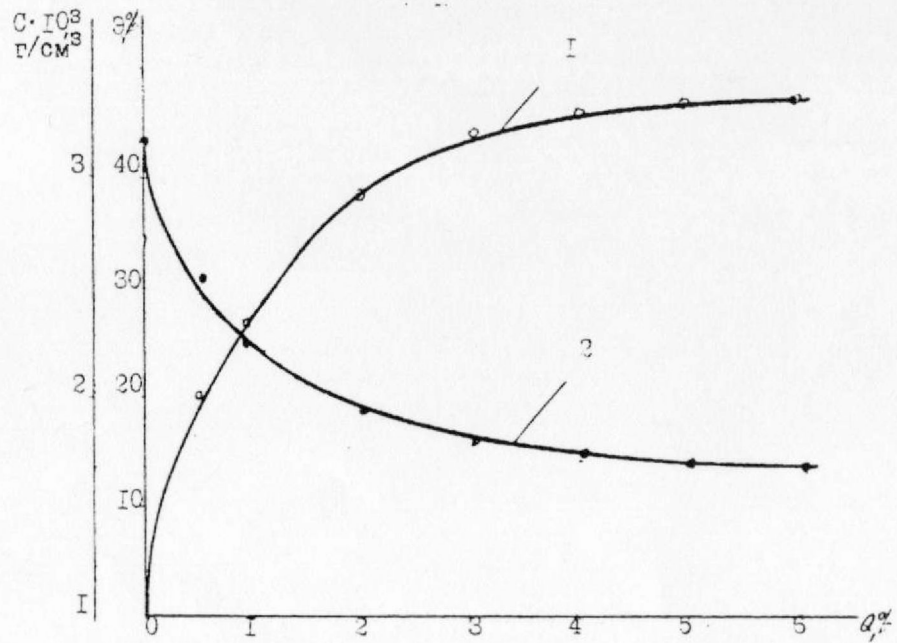


Рис. 1. Зависимость эффекта обесцвечивания /I/ и концентрации красящих веществ /C/ от расхода адсорбента

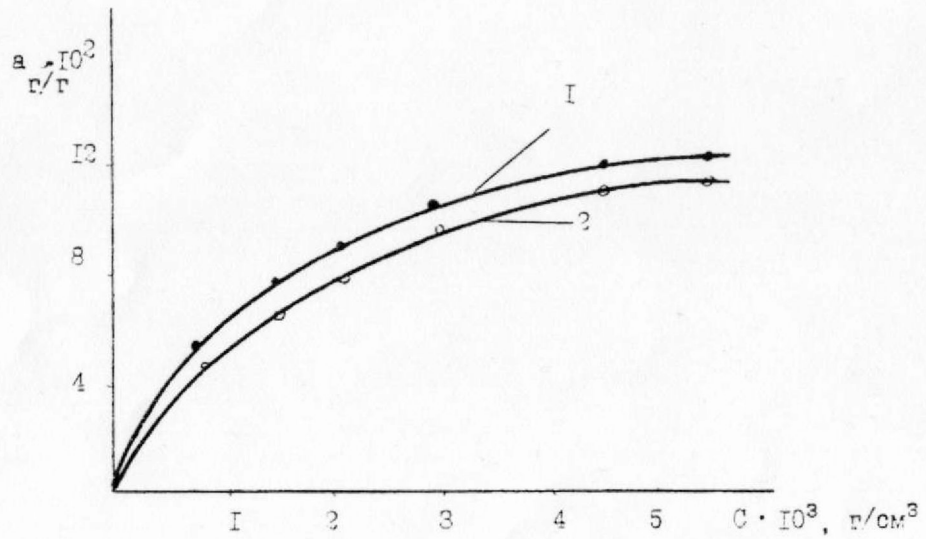


Рис. 2. Изотермы адсорбции красящих веществ из сахарного раствора с применением: 1 - пальгорскита; 2 - карбоната кальция

Таблица 3

Название минерала	Эффект обесцвечивания, %	
	порошок	суспензия
Палыгорскит	47	48
Бентонит	33	35

Таким образом установлено, что эффект обесцвечивания практически не изменяется при внесении в раствор адсорбентов в виде порошка или концентрированной суспензии. Этот вывод имеет важное практическое значение для разработки технологии обесцвечивания полупродуктов сахарного производства природными дисперсными минералами.

На рис. 2 показаны изотермы адсорбции красящих веществ продуктов сахарного производства на палыгорските и карбонате кальция. Проведенные расчеты показали, что изотерма адсорбции для палыгорскита, как и для карбоната кальция, описывается уравнением Бедекера-Фрейндлиха:

$$a = \beta \cdot C_p^{1/n} \quad (4)$$

где β - константа, определяющая величину адсорбции вещества при равновесной концентрации в растворе; C_p - равновесная концентрация красящих веществ; $1/n$ - константа, характеризующая степень приближения изотермы адсорбции к прямой.

При обработке экспериментальных данных методом наименьших квадратов получены следующие эмпирические уравнения:

$$a = 0,58 C_p^{1/1,06} \quad - \text{ для палыгорскита} \quad (5)$$

$$a = 0,57 C_p^{1/1,39} \quad - \text{ для карбоната кальция} \quad (6)$$

Среднеквадратичное отклонение по уравнению (5) составляет 2,5 %, а по уравнению (6) - 1,8 %. Отношение $\beta_{\text{палыг}}/\beta_{\text{CaCO}_3} = 0,58/0,57 = 1,02$ показывает, во сколько раз равновесная концентрация в системе раствор - палыгорскит меньше, чем в системе раствор - карбонат кальция, причем в первом случае это равновесие достигается быстрее, так как константа $1/1,06$ больше константы $1/1,39$ в уравнениях (5) и (6). Этот вывод имеет практическое значение для определения оптимального

режима обесцвечивания сахарных растворов.

На основе проведенных исследований показана возможность применения глинистых минералов для обесцвечивания сахарных растворов и предложены природные минеральные сорбенты, которые можно эффективно использовать в технологическом процессе очистки полупродуктов свеклосахарного производства.

Список источников

1. Гарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых минералах. - Киев: Наукова думка, 1975. - 352 с.
2. Исследование природы взаимодействия глинистых минералов с органическими красителями и туинофорами / Эйдиш М.Б., Иванова И.И., Шеничная С.Ф., Фетьякова Л.И. // Глины, их минералогия, свойства и практическое значение: Сб. науч. тр. - М.: Наука, 1970. - с.119-122.
3. Коробейникова Л.А., Загорудько А.Я. Оптимальная длина волны монохроматического света для определения цветности продуктов сахарного производства. // Сахарная промышленность. - 1979. - №3. - с.37-39.
4. Бугаенко И.Ф. Технохимический контроль сахарного производства. - М.: Агропромиздат, 1989. - 216 с.

