

ОСВЕТЛЕНИЕ ВОДЫ,

замутненной микрочастицами каолина, МЕТОДОМ ГЕТЕРОАДАГУЛЯЦИИ

Изучены закономерности гетероадагуляции микроскопических частиц каолина на алюминиевой фольге, углеродной ткани и полиэстер-ткани. Наибольшей способностью улавливать частицы каолина обладает Ag-содержащая полиэстер-ткань ($k_{t=6s} = 3,75 \text{ мин}^{-1}$).

На углеродной ткани реализуется константа гетероадагуляции $3,12 \text{ мин}^{-1}$. Наименьший коэффициент скорости отмечен при гетероадагуляции на Al фольге ($k_{max} = 0,087 \text{ мин}^{-1}$). Общей формой кривых $k = f(n)$ является кривая с максимумом. Иные формы оказываются производными от кривой с максимумом. Образование на кривой $k = f(n)$ горизонтального участка (плато) свидетельствует о переходе в кинетическую область.

Параболический вид $\Delta(t)$ -функций, возникающих на Ag-содержащей полиэстер-ткани, не достаточно объяснен. Гипотезой может служить увеличение каталитической способности по мере увеличения степени заполнения поверхностного слоя адсорбированными частицами каолина (автокатализ).

Введение

Проведенные ранее авторами работы касались вопросов гетероадагуляции микрокапель органических веществ. Изменялись многочисленные характеристики этих веществ [1, 2] и, в частности, соотношение плотностей органических и водных фаз – ρ_1/ρ_2 , доходящее до равенства этой дроби 1. В этом случае микрокапли масла и водной фазы сравнивались по плотности, становясь «невесомыми» [3], но не безынерционными в водной среде.

Работы по изучению поведения твердых микрочастиц в воде проведены лишь в последнее время. Сначала мы опасались, что сильные отличия соотношения плотностей ρ_1/ρ_2 от 1 намного затруднят используемую нами методологию исследования. Оказалось, однако, что всегда можно подобрать такой размер твердых микрочастиц, при котором возможно применение (без существенных

ошибок) нашей методологии. Удобным объектом оказались микрочастицы каолина.

Каолин — глина белого цвета, образуемая минералом каолинитом. В результате «перемыва» первичных каолинов происходит отложение их в виде осадочных пород, образующих вторичные каолины, называемые также «каолиновые глины». Название происходит от местности Као Лин в провинции Цзянси (Китай), где он впервые был обнаружен.

Попадая в производственную воду – главным образом при строительных работах и получении изделий из фаянса и фарфора – тонкая фракция каолина образует трудноотстаиваемые взвеси, вредные в экологическом отношении, поскольку частицы каолина плохо пропускают и сильно рассеивают свет, мешая жизнедеятельности высших организмов. Не нужна высокая концентрация микронных и субмикронных частиц каолина, чтобы сделать воду мутной и трудноотстаиваемой. Однако мутную, молочного цвета воду горных рек, содержащую частички каолина (белой глины), можно пить без очистки. Каолин — хороший сорбент, в прошлом применявшийся в медицине наравне с активированным углем

Цель работы – исследование метода и механизма очистки водной суспензии каолина от микрочастиц для осветления замутнённой ими воды.

Материалы и методы исследования

В работе использована суспензия каолина в воде и материалы, собирающие его микрочастицы – коллекторы.

Водные дисперсии каолина

Каолин марки КР-1, КР-2 (ГОСТ 19608-84) белого цвета, состоит из минерала каолинита. Образуется при разрушении (выветрива-

В.В. Тарасов*,
доктор химических наук, профессор, академик Российской общественной академии экологии, ФГБОУ ВПО Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

* Адрес для корреспонденции: valeri_tarasov@mail.ru

нии) гранитов, гнейсов и других горных пород, содержащих полевые шпаты (первичные каолины). В результате перемывания первичных каолинов происходит переотложение их в виде осадочных пород; образуются вторичные каолины, называемые также «каолиновые глины». Формула каолина $Al_2O_3 \times 2SiO_2 \times 2H_2O$. Обычно каолин обогащают, удаляя вредные примеси, особенно железо, которые уменьшают белизну и огнеупорность. Обогащённый каолин после удаления железа используют как сырьё в производстве фарфора, фаянса, тонкой электротехнической керамики, а также в качестве наполнителя в производстве бумаги, резины, пластмасс. Он входит в состав пестицидов и парфюмерных изделий под названием «белая глина».

Коллекторы микрочастиц

а) алюминиевая фольга. Использовали фольгу (по состоянию обработанной поверхности) марки ФГ, гладкую. Это пищевая фольга, она не содержит поверхностных загрязнений, посторонних включений, надрывов, складок, забоин, следов коррозии, пятен от выгоревшей смазки.

б) углеродная ткань. Температура воспламенения выше 1000 °С. Марка УТ-900-2,5, плотность 240 ± 30 г/м², толщина 0,23 мм, предел прочности при растяжении 0,59 ГПа, плетение саржевое.

в) полиэстер-ткань, модифицированная наночастицами серебра. Такая ткань относится к полиэфирным. Она очень прочная, хорошо закрепляющая форму при нагревании. Её можно стирать при 40 °С в стиральных машинах. Ткани легкие, износостойкие, быстро сохнущие, великолепно сохраняющие форму, устойчивы к световому и тепловому воздействию и просты в уходе.

Методика исследования не приводится, т.к. она подробно изложена при исследованиях гетероадагуляции микрокапель в [2]. Работа состоит из двух этапов: 1) получения относительно устойчивых суспензий частиц каолина, 2) изучения кинетики гетероадагуляции этих частиц на различных (4-х типах) коллекторов микрочастиц.

Исследование «свободной» седиментации

Свободная седиментация происходит вдали от стенок и при концентрации суспензии не более 0,1 %. В специальных экспериментах мы довели эту концентрацию до 2,5 %, но рабочая концентрация никогда не превышала 1 %. Таким образом, мы не соблюдали условие свободной седиментации, поскольку проводили процесс вблизи стенок, которые,

Н.А. Иванцова,
кандидат химических наук, ассистент кафедры промышленной экологии, ФГБОУ ВПО Российский химико-технологический Университет им. Д.И. Менделеева

Н.Ф. Коваленко,
кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии, ФГБОУ ВПО Российский химико-технологический Университет им. Д.И. Менделеева

как будет показано далее, не являются инертными и адсорбируют микрочастицы. Кроме того, мы не соблюдали условие их высокого разбавления. Все эти несоблюдения обусловлены техническими ограничениями. Основная задача заключалась в нахождении участка кинетической кривой, на котором изменение концентрации (в течение последующего опыта длительностью не более 30 мин) не превышало бы 2 %. Оказалось, что всегда можно найти такой участок кривой седиментации.

Влияние ультразвука на седиментацию

Казалось бы, что ультразвук достаточной мощности должен оказывать заметное влияние на трансляционное движение микрочастиц каолина. Использовали генератор ультразвука TS4M1, который создавал интенсивность ультразвука в воде 1,6 Вт/см² (при мощности, отдаваемой магнитострикционным излучателем, 20,4 Вт). Частота ультразвука была равной 24,85 кГц.

Ультразвук (при исследованных характеристиках) практически не влияет на интенсивность седиментации. Он устраняет только латентный период, который длился до 10 мин (рис. 1). Если устранить этот участок, то обе кривые фактически сливаются, но кривая, полученная в условиях облучения, имеет более гладкий вид, что указывает на правильность нашего утверждения об отсутствии влияния ультразвука на седиментацию. Однако следовало бы объяснить наличие задержки на величину латентного периода. Наши первые опыты по гетероадагуляции на маленькой установке всегда осложнялись наличием латентного периода [1]. Это затрудняло изучение процесса гетероадагуляции. Теперь мы имеем способ устранения латентного периода, что позволит в 5 раз уменьшить объём установки.

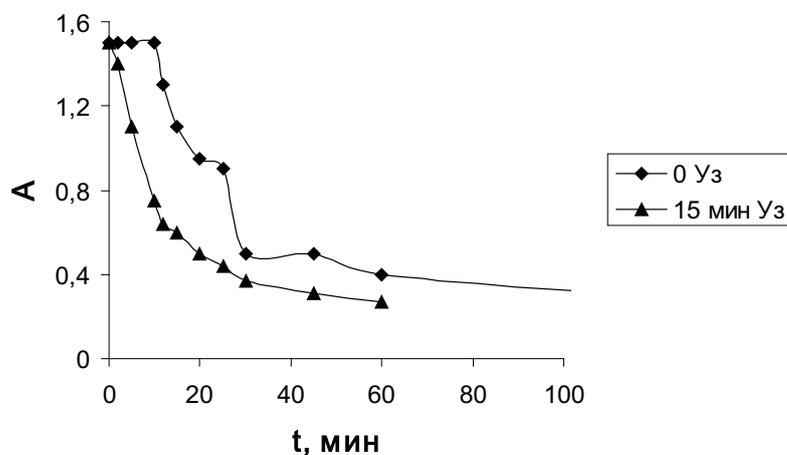


Рис. 1. Влияние ультразвука на кинетику седиментации суспензии каолина.

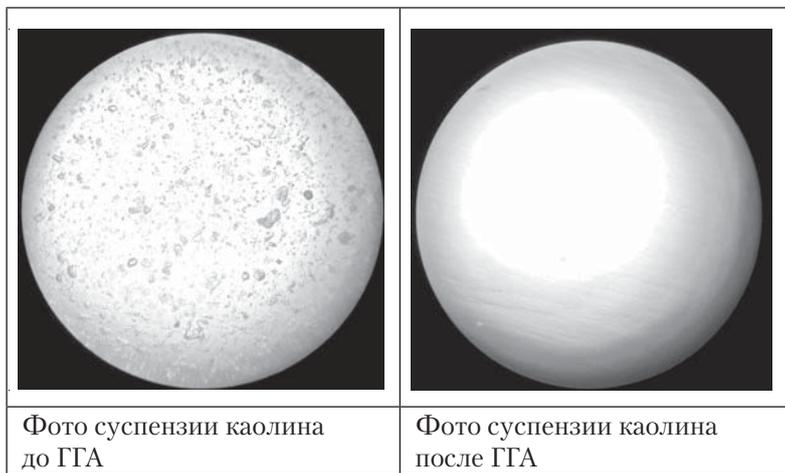


Рис. 2. Микроснимок аморфных частиц каолина до гетероадагуляции. Видно, что процесс завершается в течение ~ 7 мин.

Кроме того, стало ясно, что участок кривой, на котором удобно работать, лежит в области $30 < t < 60$ мин, хотя этот вывод следует каждый раз проверять. Важна также область величин поглощения света A , которая должна быть не меньше 0,4 и не больше 1,2.

Рис. 2. показывает, что гетероадагуляция каолина происходит довольно быстро. Микрофотографии суспензий до и после пробного процесса гетероадагуляции через 7 мин указывают на полное завершение процесса адагуляции.

Полученные результаты показывают также, что простая седиментация осуществляется на 32 % за 70 мин. Это означает, что за это время седиментация успеет пройти \approx на 3 %, а гетероадагуляция \approx на 100 %.

Гетероадагуляция каолина на алюминиевой фольге

Исключительно просто проводить эксперименты с различными типами фольги. Сетка, изготовленная на основе нержавеющей стали, обкручивается фольгой из любого металла, который легко прокатывается в фольгу (алюминий, медь, олово, свинец, золото, и др.). Далее процесс проводится на алюминиевой фольге, как описано в [2].

Три экспериментально находимые функции будут всегда представлять интерес: $E = f(t)$, $\Delta = f(t)$ и $k = f(n)$. Первая функция $E = f(t)$ – степень очистки E водной фазы от микрочастиц каолина в долях от 1 или в %. Время t всегда измеряется минутами. Индексом Δ обозначается разность дробей $(1/A_t - 1/A_0)$. Дело в том, что существует выведенное нами уравнение, связывающее число Δ с длительностью процесса t :

$$\Delta = (1/A_t - 1/A_0) = kt \quad (1)$$

$$k = (n, Re) \quad (2)$$

$$E = 1 - [E_0/E_t(t)] \quad (3)$$

Эти три функции являются целевыми. Функция (1) даёт возможность определить число Δ , а на его основе рассчитать коэффициент или константу скорости процесса гетероадагуляции. Функция (2) позволяет решить вопрос о режиме процесса. Третья функция имеет чисто практическое значение, т.к. её измерение свидетельствует о том, на сколько процентов (или долей от 1) прошёл процесс. Вторая функция определяется не просто интенсивностью вращения мешалки гетероадагулятора, но при более детальном рассмотрении – числом Рейнольдса (Re), которое нужно, чтобы записать критериальное уравнение (4):

$$Sh = b Re^p Sc^q \quad (4)$$

Число Шервуда (Sh) отвечает за массообменные характеристики гетероадагуляции, поскольку $(Sh = D/\beta d)$, где β – коэффициент массоотдачи процесса, см/с; D – коэффициент диффузии, см²/с; d – диаметр мешалки, см; Sh – безразмерен). Число $Re = ud/\nu$, а число Шмидта – $Sc = \nu/D$. Расшифруем все аргументы: u – линейная скорость, см/с; ν – кинематическая вязкость, см²с⁻¹. Числа p и q – безразмерные степени над числами Re и Sc .

Для того чтобы получить величины $\Delta(t, n)$, удобно сначала всю таблицу (матрицу) величин $A(t)$ привести к форме, начинающейся с 1. Для этого все значения (включая и первое) надо разделить на первую величину в каждом столбце. В этом случае вся таблица будет начинаться с 1. Далее делят 1 на любое число столбца (включая и первое) и отнимают 1. В этом случае столбец начинается с 0, а все остальные его числа, т.е. значения $\Delta(t, n)$, будут возрастать от 0 до бесконечности.

Зависимость чисел $\Delta(t, n) = (1/A_t) - (1/A_0) = kt$ является функцией t и n . Числа $\Delta(t, n)$ представляют разность обратных величин абсорбции света при любом времени $t - (A_t)$, включая и 0 – (A_0) . Величина числа Δ безразмерна, как и произведение k и t . Следовательно, коэффициент скорости k имеет размерность [мин⁻¹]. Это наклон функции $\Delta_{n=const}$, а $t = var$. Обычно приводим результаты в виде функций $\Delta(t, n)$ (рис. 3). Чтобы найти величину коэффициента или константы скорости k , надо величину $\Delta_{n=const}$ разделить на время, которое соответствует этой величине, т.е. $\Delta_{n=const}/t$.

Как видим, при гетероадагуляции на алюминиевой фольге наклоны Δ -чисел, а следовательно, и коэффициенты скорости k (рис. 4), проходят через максимум. Наименьшие значения Δ -чисел получены при наибольшей частоте вращения дисков ротора (мин⁻¹).

Максимум коэффициента скорости является типичным случаем (рис. 4). Частными случа-

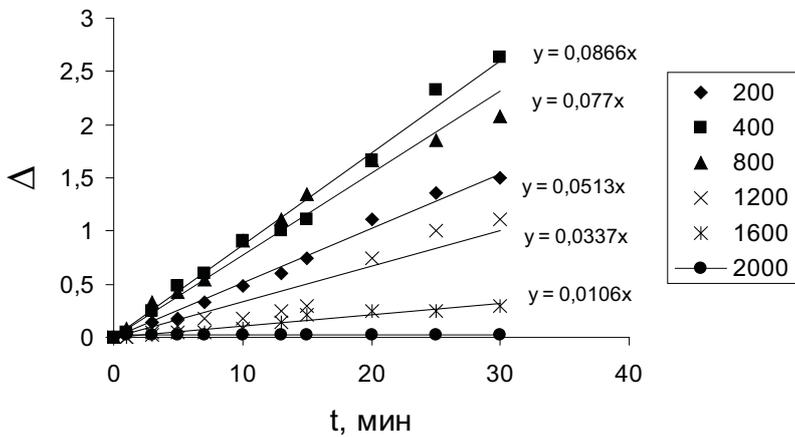


Рис. 3. Зависимость Δ -чисел от времени и частоты вращения дисков гетероадагулятора каолина на алюминиевой фольге. Концентрация частиц каолина 1 г/дм^3 .

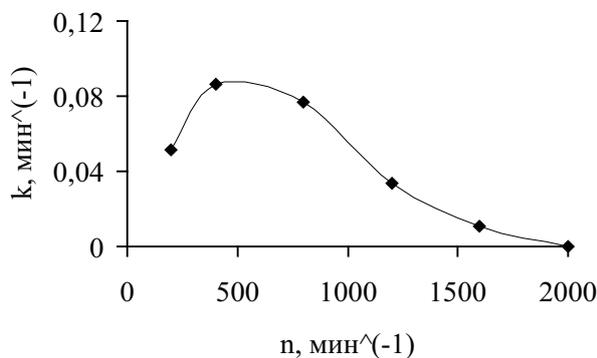


Рис. 4. Зависимость коэффициента скорости гетероадагуляции микрочастиц каолина на алюминиевой фольге от частоты вращения дисковой мешалки ($k_{\max} = 0,087 \text{ мин}^{-1}$ при $n = 400 \text{ мин}^{-1}$).

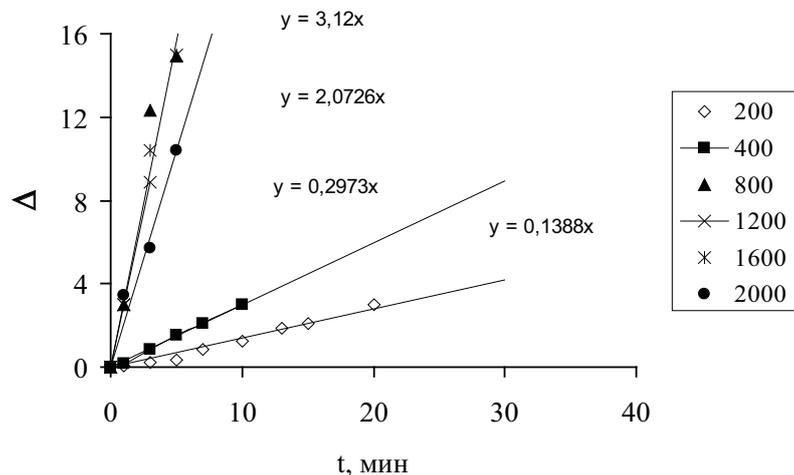


Рис. 5. Дельта-числа для каолина на углеродной ткани. Достижение «плато» при частоте вращения дисков 800 мин^{-1} . При 2000 мин^{-1} происходит отрыв микрочастиц каолина. Концентрация микрочастиц в воде 1 г/дм^3 .

ями этого максимума являются непрерывно возрастающая величина k или, наоборот – непрерывно уменьшающаяся величина.

Гетероадагуляция каолина на углеродной ткани

Каолин прекрасно подвергается гетероадагуляции (рис. 5) на углеродной ткани. Уже при частоте вращения дисков гетероадагулятора, равной 800 мин^{-1} , достигается кинетический режим, о чем свидетельствует линейность $\Delta(t)$ прямых и неизменность их наклона (плато). Уменьшение наклона при 2000 мин^{-1} указывает на то, что плато кинетического режима осложняется его неустойчивостью при дальнейшем увеличении чисел Re. Эта неустойчивость имеет ясную природу – разрушение ведущих кластеров [2] при увеличении числа Re.

Легко найти величины углов наклона прямых линий и получить их связь с интенсивностью вращения дисков гетероадагулятора (рис. 5). Это поможет ответить на вопрос о режиме процесса. Автомодельное поведение коэффициента скорости относительно частоты вращения дисков (рис. 6) всегда указывает на кинетический режим процесса, в котором лимитирующей стадией перестают быть молекулярная и конвективная диффузии, т.е. транспортные стадии.

Плато в данном случае (рис. 6) означает достижение кинетического режима, а некоторое снижение величины k в области 2000 мин^{-1} – разрушение образующих кластеров турбулентными пульсациями и сдувание «наростов» [2] микрочастиц. Константа скорости, найденная на плато, равна $3,12 \text{ мин}^{-1}$.

Гетероадагуляция каолина на полиэстер-ткани

Этот случай представляется особенно интересным тем, что в структуру полиэстер-ткани привиты частицы серебра, способные обеззараживать воду.

Даже не переходя к Δ -числам, а используя только величины степеней очистки водной фазы от частиц каолина E с помощью полиэстер-ткани, видно, что существует кинетический режим и «плато», которое указывает на постоянство скорости гетероадагуляции, несмотря на увеличение частоты вращения дисковой мешалки (рис. 7).

Табл. 1 приведена здесь, чтобы напомнить метод расчета чисел Δ и показать, что и в этом случае мы достигаем истинного плато, если используем величины $\Delta_{,1\text{мин}}$. Осреднённая по трём последним значениям величины $\Delta_{,1\text{мин}} \equiv k_{,1\text{мин}} = 0,87 \text{ мин}^{-1}$, есть константа скорости распада «наростов» под действием турбулентных пульсаций.

Параболический вид (рис. 8) зависимостей $\Delta(t)$ требует специального обсуждения, ибо он встречался и в кинетике распада озона на поверхности различных твердых тел, и будет встречаться в дальнейших наших работах по определению чисел Δ . В данном случае можно только определить локальный по времени коэффициент или константу скорости гетероадагуляции. Ясно, что наиболее правильные начальные коэффициенты скорости получаются при длительности процесса, равной 1 мин (рис. 9).

На рис. 9 представлена зависимость начальной скорости от частоты вращения дисков мешалки гетероадагулятора. В диапазоне частот вращения дисков гетероадагулятора 1200–2000 мин⁻¹ наблюдается отчетливое плато. Величина константы скорости гетероадагуляции даёт локальную константу скорости, равную 0,87 мин⁻¹.

Результаты и их обсуждение

Все использованные коллекторы значительно различаются по способности к адгезии частиц каолина и, следовательно, скорости процесса гетероадагуляции. Алюминиевая фольга обладает наиболее низким сродством к частицам каолина.

Для организации успешного процесса гетероадагуляции требуется движение жидкости относительно твердого тела коллектора. Скорость гетероадагуляции тем больше, чем сильнее адгезия молекул каолина. В случае алюминиевой фольги силы адгезии настолько малы, что отрыв «наростов» начинает доминировать уже при частоте вращения дисков гетероадагулятора, равной 400 мин⁻¹

Таблица 1

Пример расчета Δ -чисел в зависимости от частоты вращения дисков гетероадагулятора и времени процесса.

Дельта-числа в зависимости от времени и частоты вращения дисков. Система: каолин – вода – полиэстер-ткань						
t, мин	200 мин ⁻¹	400 мин ⁻¹	800 мин ⁻¹	1200 мин ⁻¹	1600 мин ⁻¹	2000 мин ⁻¹
0	0	0	0	0	0	0
1	0,25	0,42	0,67	0,84	0,89	0,89
3	0,52	1,86	3,35	3,63	4,26	3,76
5	0,96	4,0	7,33	11,5	11,5	11,1
7	1,33	6,14	11,5	19,0	19,0	19,0
10	2,23	11,5	11,5	–	–	–
13	2,85	19,0	13,3	–	–	–
15	3,76	–	–	–	–	–
20	4,88	–	–	–	–	–

Примечание: прочерк означает повторение значения, а повторение прочерков свидетельствует о реализации плато.

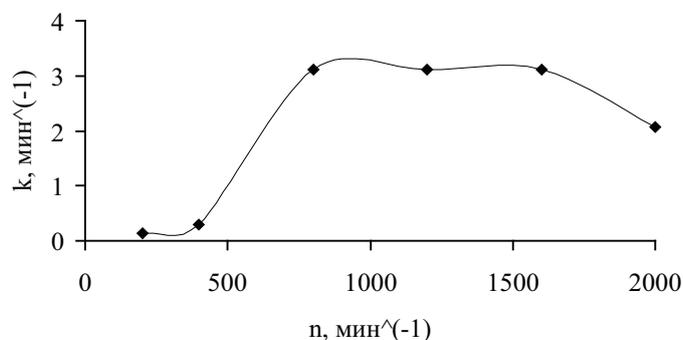


Рис. 6. Зависимость коэффициента скорости гетероадагуляции частиц каолина от частоты вращения ротора. Гетероадагуляция на углеродной ткани.

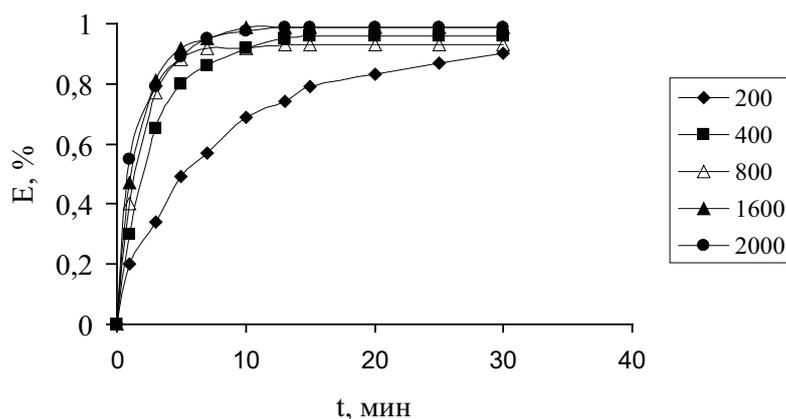


Рис. 7. Гетероадагуляция каолина на полиэстер-ткани, содержащей частицы серебра. Концентрация микрочастиц каолина 0,24 г/дм³. Возникновение плато после частоты 800 мин⁻¹.

(рис. 4). Далее процесс отрыва фрагментов «наростов» идёт по нарастающей кривой и завершается только в самом её конце (> 1200 мин⁻¹) (рис. 4). Процесс заканчивается при нулевой скорости гетероадагуляции, когда частота вращения дисков становится равной

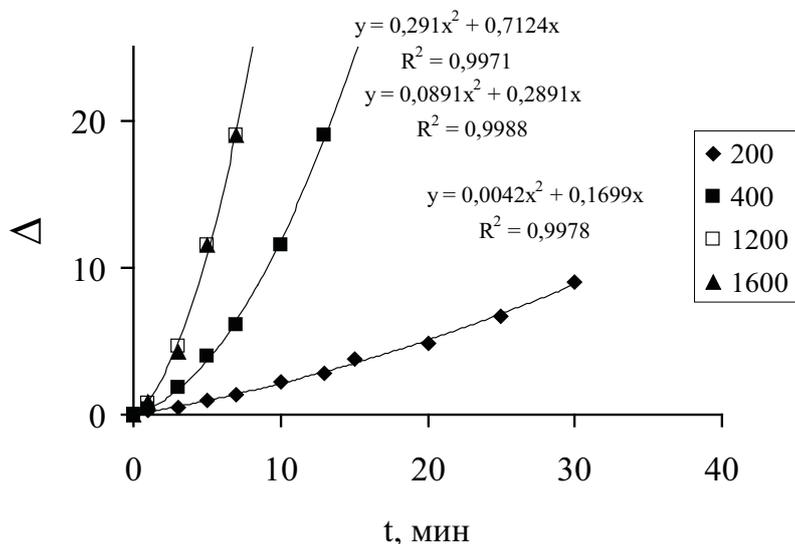


Рис. 8. Величины Δ -чисел при гетероадагуляции микрокапелл каолина на полиэстер-ткани в зависимости от интенсивности вращения дисков гетероадагулятора и времени процесса.

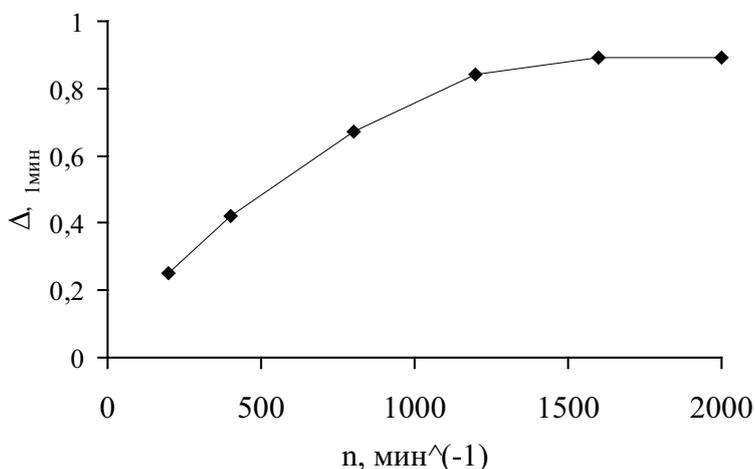


Рис. 9. Зависимость начальной скорости $\Delta_{1 \text{ мин}}$ гетероадагуляции каолина на полиэстер-ткани от частоты вращения дисков. Вычисления начального коэффициента скорости гетероадагуляции свидетельствует о переходном и кинетическом режимах.

2000 мин⁻¹. Следует пояснить механизм укрупнения частиц [1, 2], хотя он предложен при укрупнении микрокапель.

На поверхности твердых тел микрочастицы находят активные центры (дефекты), где сначала локализуются в виде *первичных или образующих кластеров частиц*. Постепенно на них возникают «наросты» из множества микрочастиц. Размеры «наростов» достигают такой величины, при которой они становятся подверженными влиянию атакующих их турбулентных пульсаций. При этом «наросты» расщепляются на две части. Первая остается на твердом теле и продолжает «цепь» образования новых «наростов», вторая опускается (а иногда поднимается) в спокойные зоны аппарата. Эти зоны имеются внизу и вверху аппарата. Здесь и происходит полное слипание микрокапель, а в случае микрокапель – коалесценция.

Для алюминиевой фольги и молекул каолина основными силами при образовании «наростов» оказываются гидрофобные (энтропийные) силы. Чтобы сделать такой вывод, надо тщательно очистить поверхность фольги и частиц каолина от молекул ПАВ и масел, что не легко осуществить. В реальности приходится иметь дело с электростатическими, и Ван-дер-Ваальсовыми, а иногда даже донорно-акцепторными силами, учитывающими близкое действие по теории ДЛФО (теория коагуляции зелей под действием электролитов) [4].

В зависимости от того, какой участок кривой с максимумом реализуется, мы можем говорить о возрастании коэффициентов скорости или об их уменьшении с интенсивностью перемешивания.

Использование углеродной ткани в качестве коллектора обосновано тем, что в этом случае помимо гидрофобных сил вступают в действие намного более сильные водородные



взаимодействия между молекулами каолина и углеродной тканью, которая всегда имеет $-OH$ и $=O$ группы.

Уже при частоте вращения дисков гетероадагулятора, равной 800 мин^{-1} , достигается кинетический режим, о чем свидетельствует линейность $\Delta(t)$ прямых и неизменность их наклона (рис. 5). Но ещё очевидней кинетический режим, приведенный на рис. 6. Константа скорости гетероадагуляции равна $3,12 \text{ мин}^{-1}$ и остаётся таковой в диапазоне $800-1600 \text{ мин}^{-1}$, несколько уменьшаясь в области 2000 мин^{-1} . Распад «наростов» является лимитирующей стадией. Это приводит к образованию «плато» на кривых $k = f(n)$. Вероятно, увеличение частоты вращения дисков гетероадагулятора приводит либо к «смыванию» адсорбированных частиц каолина, либо к разрушению зарождающихся цепей кластеров.

Гетероадагуляция микрочастиц каолина на полиэстер-ткани интересна тем, что в структуру этой ткани привиты *наночастицы* серебра, способные обеззараживать воду. Но как они влияют на кинетику гетероадагуляции – дискуссионный вопрос. Если рассматривать график функции $E = f(t)$ (рис. 7), то видно, что образуется *жгут кривых* после 800 мин^{-1} , что указывает на возникновение кинетического режима. Функции $\Delta(t)$ (рис. 9), а также величины Δ (табл. 1) только подтверждают этот вывод.

Самым примечательным и требующим обсуждения является график (рис. 8), который отражают $\Delta(t)$ -функции, имеющие параболический вид. Процесс гетероадагуляции частиц каолина протекает на полиэстер-ткани с привитыми атомами серебра. Если учитывать только начальные участки парабол (до $\Delta(t) = 20$), то все 3 параболы (при высоких частотах вращения дисков) полностью совпадают, что указывает на кинетический режим.

Начальная константа скорости гетероадагуляции оказалась равной $0,87 \text{ мин}^{-1}$ (рис. 9).

Чтобы получить локальные по времени величины Δ , нужно произвести графическое дифференцирование кривых, приведенных на рис. 8. Проще, но с меньшей точностью, можно найти величины $\Delta\Delta/\Delta t$ и рассчитать далее величины $\Delta k_{\Delta t}$. Примером может служить расчет изменения величины k при частоте вращения дисков гетероадагулятора, равной 1600 мин^{-1} (в точке перегиба Δ -функции). Здесь удаётся рассчитать величину константы скорости гетероадагуляции. В диапазоне $5-7$ мин она оказалась равной $(19 - 11,5)/(7 - 5) = 3,75 \text{ мин}^{-1}$. Это означает, что константа скорости возросла в $3,75/0,87 = 4,3$ раза. Мы считаем, что такое возрастание величины k характерно для автокаталитических процессов. Увеличение константы скорости со временем можно объяснить увеличением со временем числа «*ведущих кластеров*» и «*наростов*», но возможно, и глубиной их проникновения в тело нитей ткани.

Заключение

Впервые методология исследования механизма гетероадагуляции, развитая в случае микрокапель, использована для описания укрупнения микрочастиц твёрдых тел и объяснения механизма процессов улавливания и коагуляции микрочастиц каолина на твердых поверхностях различной природы.

Найдены коэффициенты и константы скорости гетероадагуляции микрочастиц каолина, которые могут быть использованы для создания математических моделей укрупнения и концентрирования микрочастиц, а также предсказания степени очистки водной фазы от загрязнения этими поллютантами.



Выявлено существенное влияние материала коллектора микрочастиц каолина на результат очистки воды от них. Наиболее значительные величины констант скорости очистки получены для полиэстер-ткани с привитыми частицами Ag ($k_{t=6c} = 3,75 \text{ мин}^{-1}$). На втором месте по величине является константа скорости гетероадагуляции микрочастиц каолина на углеродной ткани $k = 3,12 \text{ мин}^{-1}$, а на последнем месте – коэффициент скорости с участием алюминиевой фольги ($k_{\text{max}} = 0,087 \text{ мин}^{-1}$).

Практическое значение данной работы состоит в том, что она открывает новые горизонты исследований. Например, возможна очистка морской воды от частиц донного грунта, состоящего из глины, т.е. каолина. Вода взмучивается землеснарядами при строительстве портовых сооружений. При этом не потребуются ни реактивы, ни тепло, ни электроэнергия, т.к. можно использовать энергию струи пульпы землеснаряда для создания рециркуляции в тонкослойных отстойниках.

Ключевые слова:

гетероадагуляция, микрочастицы каолина, алюминиевая фольга, углеродная ткань, посеребрённая полиэстер-ткань, степень очистки, Δ -функция, редиспергирование, автокатализ

Литература

1. Тарасов В.В. Укрупнение микрокапель «масел» при обтекании эмульсиями твердых поверхностей // Доклады АН. 2008. Т. 421. № 5. С. 649-653.
2. Тарасов В.В. Применение метода гидродинамической гетероадагуляции для очистки воды от микрокапель и для исследования кинетики их взаимодействия с твердыми поверхностями // Теор. осн. химич. технологии, 2000. Т. 44. № 5. С. 483-497.
3. Позвонкова В.М. Влияние соотношения плотностей фаз на очистку воды от микрокапель хлорбензола методом гетероадагуляции / В.М. Позвонкова, В.В. Тарасов, Н.А. Иванцова, Н.Ф. Коваленко // Химическая технология. 2011. Т. 12, № 12. С. 760-765.
4. Дерягин Б.В. Поверхностные силы. / Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, В.М. Муллер. М.: Наука, 1985, 400 с.



V.V. Tarasov, N.A. Ivantsova, N.F. Kovalenko

CLEANING WATER CLOUDED WITH STABLE CAOLINE MICROPARTICLES USING HETEROADAGULATION TECHNIQUE

The typical features in heteroadagulation of microscopic particles ($< 1 \mu\text{m}$) of caoline was studied using foil, carbon and polyester-fabrics. The highest capacity to retain of caoline microparticles was found in polyester-fabric ($k_{t=6s} = 3.75 \text{ min}^{-1}$). The carbon fabric gave the value of heteroadagulation rate equal to $k = 3.12 \text{ min}^{-1}$. The lowest caoline heteroadagulation rate was found at the surface of Al foil ($k_{\text{max}} = 0.087 \text{ min}^{-1}$). The common shape of the curves $k = f(n)$ shows a maximum. Other curves are derivatives from the bell-shaped curve. The horizontal section (plateau) in the curves $k=f(n)$ can be attributed to transition to the kinetic region. Parabolic shape of the $\Delta(t)$ -function, typical for the polyester-fabric cannot be readily explained. As a hypothesis we suggest an increase in catalytic capacity as the surface is occupied by the adsorbed caoline particles (autocatalysis).

Key words: heteroadagulation, microparticles, aluminium foil, carbon fabric, Ag-impregnated polyester-fabric, purification degree, Δ -function, back dispersion, autocatalysis

