

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОЛЯРНЫХ АПРОТОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ С КАОЛИНИТОМ И ПАЛЫГОРСКИТОМ В ТОЛУОЛЕ

Н. В. Вдовенко

Выяснение влияния полярных соединений на структурно-механические параметры углеводородных дисперсий монтмориллонита позволило установить взаимосвязь между реологическими свойствами системы и состоянием границы раздела дисперсной фазы.

Было показано [1], что взаимодействие полярных апротонных соединений с монтмориллонитом в толуоле сопровождается изменением строения двойного электрического слоя поверхности и параметра  $d_{001}$  кристаллической решетки. Это приводит к формированию новых фазовых границ и структуры адсорбционных слоев, изменению природы взаимодействия минерала с дисперсионной средой и выражается в экстремальном ходе реологических параметров. Обнаруженная взаимосвязь характерна для минералов с подвижной решеткой, энергия связи между слоями которой лежит в пределах 0,1—0,13 Дж/м<sup>2</sup> [2].

Необходимо было выяснить механизм взаимодействия апротонных соединений с минералами, обладающими жесткой кристаллической решеткой, с высокой энергией связи между слоями (0,45—0,61 Дж/м<sup>2</sup>). Исследования строения двойного электрического слоя (ДЭС) этих минералов в неводной среде отсутствуют. Между тем изучение активности поверхности каолинита и палыгорскита при взаимодействии с апротонными соединениями имеет принципиально важное значение для получения модифицированных наполнителей полимерных сред и при решении вопросов повышения дисперсности частиц минералов. Данные электрохимических исследований частиц каолинитов различных месторождений, палыгорскита и их органопроизводных в толуоле под влиянием добавок формамида и диметилформамида (табл. 1) свидетельствуют о том, что подобно монтмориллониту эти соединения изменяют степень диссоциации поверхностных групп минералов с жесткой структурой.

Таблица 1

Влияние формамида и диметилформамида на электрохимический потенциал частиц каолинита и палыгорскита, а также их органопроизводных в толуоле

Концентрация добавки, об. %	Электрохимический потенциал, мВ						
	Формамид		Диметилформамид				
	ОБДМ-палыгорскит	сеновский каолинит	глуховецкий каолинит	сеновский каолинит	палыгорскит	ОБДМ-каолинит	ОБДМ-палыгорскит
0	57,1	162,4	77,5	88,3	0	22,5	57,0
0,5	38,7	119,7	76,0	59,8	59,8	74,1	45,6
1,0	36,0	51,9	75,2	20,5	96,9	71,2	59,8
2,0	33,3	48,7	39,6	32,5	88,3	6,6	34,2
3,0	—82,6	—139,6	—39,0	—45,6	65,5	—10,0	—10,1
4,0	—45,3	—134,8	—55,3	—55,3	34,2	—27,1	—17,1
5,0	—56,9	—133,0	—60,7	—58,4	—42,7	—7,7	—68,4
6,0	—46,2	—147,9	—67,2	—105,1	—22,6	—25,6	—64,9
7,0	—47,6	—341,0	—41,0	—86,3	—10,3	—14,3	—28,5

Как следует из табл. 1, с увеличением концентрации полярных соединений (ПС) наблюдается для всех образцов падение электрохимического потенциала до нуля и перезарядка поверхности. Для исходного палыгорскита и модифицированного каолинита адсорбция малых количеств (до 1 об. %) диметилформамида (ДМФА) вызывает некоторый рост  $\zeta$ -потенциала, а затем его падение. Оно связано с неравнозен-

ным значением потенциала исходных частиц минерала благодаря их полидисперсности и, следовательно, достижению разной степени нейтрализации потенциала в первый момент прибавления полярных соединений. Увеличение концентраций диметилформамида приводит к более равномерному изменению  $\zeta$  и перезарядке поверхности. Такое изменение в строении ДЭС мы связываем с образованием поверхностных координационных соединений в результате перераспределения электронной плотности между амидом и протоноакцепторными центрами поверхности. Согласно принципу Франка — Кондона [3], после электронного перехода поверхностные группы или атомы меняют свой заряд, что часто влечет за собой изменение типа химической связи их с поверхностью. Следовательно, перемещение электронной плотности сорбата или перестройка его при взаимодействии с кислыми центрами поверхности минералов могла привести к перезарядке поверхности твердой фазы под влиянием неионных соединений.

Вовлечение в реакцию протонов гидроксильных групп базальных поверхностей каолинита, которые сочленяют элементарные слои в толстые псевдогексагональные частицы, должно привести к изменению подвижности слоев и проникновению органических соединений в ранее недоступные межслоевые промежутки. Действительно, на дифрактограммах каолинитов, полученных под влиянием магнитно-вихревого воздействия в присутствии формамида (ФА) в течение 1 мин, обнаружены дополнительные пики с базальным отражением  $d_{001} = 1,02$  нм для глуховецкого каолинита и 1,10 нм для сеновского, свойственные органокомплексам ФА. Образование диметилформамидных комплексов требует более длительного времени контакта с частицами в системе и приложения механического сдвигового воздействия для увеличения доступности к активным центрам. Несмотря на то, что протонизация поверхностных групп каолинита происходит сравнительно быстро (судя по изменению  $\zeta$ -потенциала в течение 10—15 мин), вовлечение гидроксилов решетки, скрепляющих слои, во взаимодействие с компонентами дисперсионной среды является очень медленной стадией ввиду их труднодоступности. Наличие винтовых дефектов в кристаллах и приложение сдвигающих усилий способствуют проникновению полярных соединений к протонам внутренних гидроксилов. Последние, взаимодействуя с апротонными молекулами, образуют поверхностные химические соединения и тем самым ослабляют связь между слоями [4].

Если высказанные соображения верны, то с увеличением сродства к протону полярные соединения должны при меньших концентрациях их в системе вызывать перезарядку поверхности (поскольку уже малые концентрации их приводят к образованию достаточного количества ионизированных групп). Для подтверждения сказанного в качестве апротонного соединения использован диметилсульфоксид (ДМСО), молекулы которого обладают наивысшим, в ряду полярных веществ, сродством к протону. Молекулы ДМСО со структурной формулой  $\text{CH}_3-\overset{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ , имея форму тетраэдра, в центре которого расположен



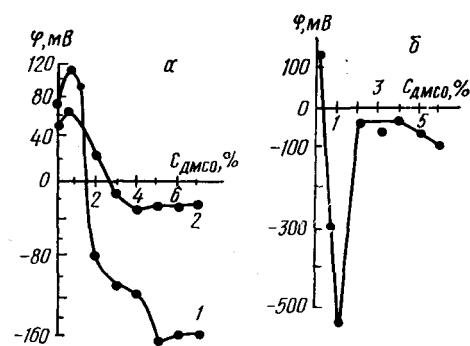
атом серы, а две метильные группы, атом кислорода и несвязанная пара электронов располагаются в вершинах тетраэдра, могут взаимодействовать с гидроксилами октаэдрического слоя и гексагонально упакованными кремнекислородными тетраэдрами, содержащими в дитригональных пустотах молекулы воды.

Атака молекул ДМСО на гидроксил или молекулы воды сопровождается экзотермической реакцией с образованием комплекса при соотношении реагирующих компонентов ( $\text{H}_2\text{O} : \text{ДМСО}$ ), равном 2 : 1 [5]. Такое взаимодействие приводит к разрушению H-связей между слоями каолинита и образованию поверхностных комплексов, изменяющих заряд частиц. Как видно из рис. 1, при концентрации ДМСО, равной 0,2 об. %, в системе происходит перезарядка поверхности частиц каолинита.

По сравнению с ацетонитрилом (рис. 1, а), формамидом и диметилформамидом (см. табл. 1) область изменения знака заряда частиц минерала в присутствии ДМСО (рис. 1, б) находится при наименьшей концентрации полярной компоненты, а  $\zeta$ -потенциал достигает наибольших отрицательных значений — 0,50 В. После достижения ионизации всех поверхностных групп и сольватации неорганических катионов (которые могли остаться в обменных позициях) дальнейшее увеличение концентрации ДМСО приводит к росту потенциала, достигая почти постоянного значения 50—60 мВ.

Рентгенографические исследования подтвердили предложен-

Рис. 1. Зависимость электрохимического потенциала  $\zeta$  глуховецкого каолинита от концентрации ацетонитрила (а) (1 — исходный образец; 2 — модифицированный октадецилбензилдиметиламмоний хлоридом) и диметилсульфоксида (б).



ный механизм перезарядки поверхности каолинита. На дифрактограммах каолинита, содержащих отражение  $d_{001}=0,72$  нм, появился рефлекс, свойственный органокомплексу с межплоскостным расстоянием 1,10—1,12 нм (рис. 2). Подобное действие оказывает и пропиленкарбонат, обладающий высоким сродством к протону из-за наличия неподеленных электронных пар трех атомов кислорода.

Проникновение органических полярных соединений между слоями минерала в результате разрыва водородных связей дает возможность получать новые материалы, обладающие ценными технологическими свойствами [6, 7]. Образовавшиеся органокомплексы каолинитов, содержащие между слоями полярные вещества, согласно [8—12], приобретали высокую пластичность и способность к дальнейшим реакциям при замещении полярных соединений на катион четвертичных аммониевых оснований, диамины, диолы. Вследствие таких многостадийных реакций образовывались органокомплексы с межплоскостным расстоянием до 3—4 нм. Однако трудности, возникшие в процессе приготовления этих комплексов для каолинитов различной кристалличности, поставили перед исследователями много вопросов [8—10], которые до настоящего времени не решены. Так, степень внедрения органического вещества, согласно [7], резко варьирует для каолинитов не только различных месторождений, но и разных по размеру фракций, выделенных из одного образца. Разная степень разбухания каолинитовых кристаллов обусловливается в основном степенью кристалличности каолинита и размером частиц. Чем выше их значения, тем выше степень внедрения. Однако дальнейшие исследования показали, что эти факторы не являются определяющими. Были высказаны предположения о влиянии на набухание включения в кристаллы каолинита слоев слюды и хлорита [8], а также микроискажения каолинитовой структуры [9]. Однако до сих пор причина неразбухаемости некоторых образцов и тонких фракций каолинита не объяснена. С позиций развитых нами представлений о природе перезарядки каолинитов в углеводородной среде под действием апротонных соединений и изменения структуры кристаллов можно объяснить причины неразбухания некоторых каолинитов или их тонких фракций следующим образом. Независимо от степени кристалличности и размера частиц (но не  $>10$  мкм) набуханию будут подвергаться только те каолиниты, слои которых связаны водородными связями. При наличии в кристаллической структуре межслоевых соединений иной природы или примесей в виде оксидов железа, титана, магния и др., обычно сопутствующих этим образованиям, строение межслоевой области будет иным. Слои соединятся через ге-

теровалентные атомы, и прочность связи, естественно, будет выше. Полярные соединения на такие межслоевые области воздействовать не будут.

Чтобы доказать высказанные соображения, был произведен фракционный анализ частиц глуховецкого каолинита, способных к разбуханию в 95 %-ном растворе ДМСО при контакте в течение двух недель. Как следует из табл. 2, обработка ДМСО приводит к существенному

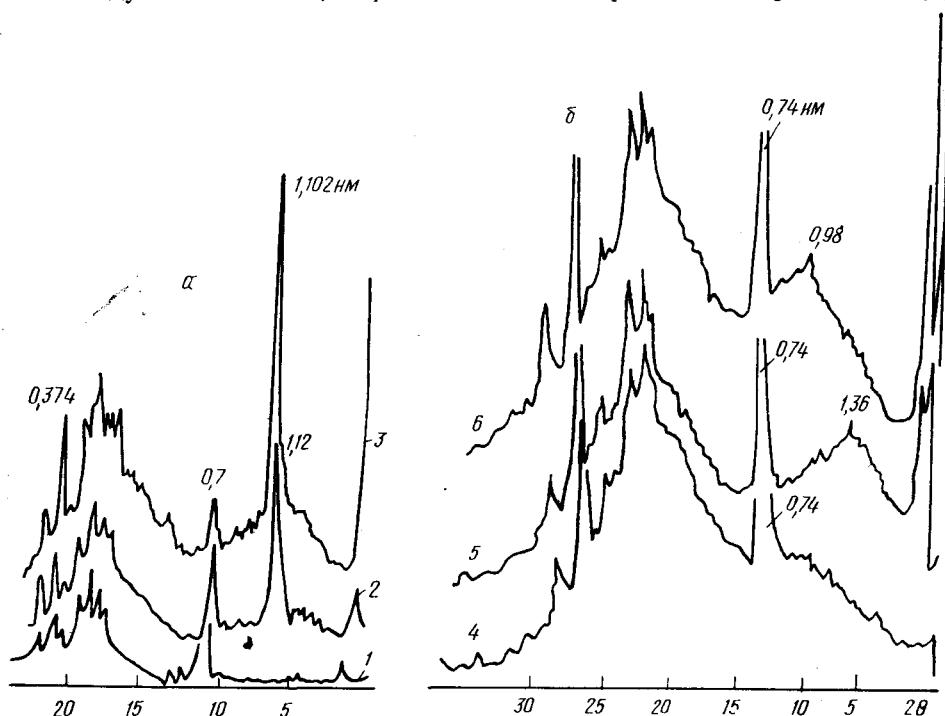


Рис. 2. Дифрактограммы исходного каолинита (1) и обработанного 5 %-ным (2) и 7 %-ным (3) водным раствором ДМСО (а), а также исходного каолина (4) и обработанного на вальцах в среде диоктилфталата при 3 (5) и 5 % (6) ДМСО (б).

изменению соотношения различных фракций, свидетельствующему о переводе сравнительно крупных частиц (25–50 мкм) в более мелкие. Содержание наиболее тонких частиц не превышает 37,5 %. Эти фракции, как показали дальнейшие исследования, образовывали в основном соединения включения.

Образец каолинита был сепарирован по фракциям, в которых определяли содержание примесных атомов железа, магния, титана, а затем каждую фракцию подвергали воздействию растворов ДМСО и контролировали по степени внедрения ДМСО рентгенографически (фракционный состав определяли на автоматическом анализаторе ФС-112). Исследования показали, что фракции 3 и 4, которые содержали меньший процент примесей железа и титана в структуре кристаллов, обра-

#### Таблица 2

Изменение фракционного состава глуховецкого каолинита марки КН-77 при обработке в 95 %-ном растворе диметилсульфоксида

Образец	Содержание фракции при различных размерах, мкм				
	5–10 (1)	10–25 (2)	25–50 (3)	50–100 (4)	100 (5)
Исходный	2,2	25,1	67,7	4,4	0,6
Обработанный ДМСО	37,5	58,2	3,9	0,4	0

Примечание. В скобках приведены номера фракций.

зовывали соединения внедрения легче, чем фракции 1 и 2. Об этом свидетельствуют данные химического состава, приведенные в табл. 3 (фракция 1 — образец трудно подвергается набуханию, фракция 3 образует соединения внедрения легче).

Такое явление можно объяснить различным микронапряжением в кристаллах. Действительно, эти данные полностью согласуются с результатами измерения параметров структуры кристаллов и определения в них величины микронапряжений, приведенными в работе [9]. Авторы ее установили, что степень внедрения формамида в межслоевое пространство каолинита обратно пропорциональна величине микронапряжений. Можно предположить, что микронапряжения в кристаллах каолинита связаны прежде всего с захватом микропримесей при росте кристаллов, приводящим к искажению структуры каолинитов. Только частицы каолинита, в которых исключены какие-либо изоморфные замещения катионов в тетраэдрических и октаэдрических позициях и сочлененные при помощи водородных связей, легко смогут образовывать соединения внедрения. Между тем реальные кристаллы каолинита отличаются неоднородностью состава, а следовательно, и структуры на микроуровне [13—15]. Этим и объясняется слабое разбухание частиц каолинита.

Поскольку кристаллы каолинита представляют собой агрегаты, состоящие из дискретных, симметрично разориентированных блоков [13], то при поглощении ДМСО происходит расчленение агрегатов на блоки. При очень тонких блоках (3—10 слоев) базальные отражения смещаются в сторону меньших брэгговских углов, давая при этом очень высокие значения  $d_{001}$ . В этой области толщина частиц может достигать сотен ангстрем. Так, авторы работы [13] для глуховского каолинита наблюдали под электронным микроскопом частицы толщиной 12,2 нм.

Необходимо было проследить за изменением состояния частиц каолинита при взаимодействии с ДМСО электронно-микроскопически. Для определения основной периодичности и дефектов кристаллической решетки был использован темнопольный метод изображения.

На снимке, увеличенном в 36000 раз, наряду с крупными агрегатами кристаллов с четкой гексагональной огранкой имеются отдельные очень тонкие кристаллы, при наложении которых друг на друга образуется муар. При увеличении в 132 000 раз наблюдалось образование муаровой картины с дислокациями, выраженным противоположно направленными полулиньями и периодичностью 7,6 нм, что свидетельствует об образовании набухающих кристаллов минерала и его расчленении на тонкие пластины. Образование слоев с  $d_{001}=8$  и 9 нм при обработке каолинита ДМСО на вальцах подтверждается данными рентгенограмм (см. рис. 2), на которых четко выделяются начальные пики в 8 и 9 нм, наряду с основным отражением каолинита в 0,74 нм. Подобное разбухание слоев происходит и в присутствии пропиленкарбоната. Обработка же каолинита ДМСО в магнитно-вихревом слое (1 мин) приводит к образованию интеркалатов с  $d_{001}=1,12$  нм. Как видно из рис. 2, а, на дифрактограмме интенсивность исходного пика каолинита, равного  $d_{001}=0,714$  нм, сильно понизилась, а интенсивность

Таблица 3  
Химический состав фракций глуховецкого каолинита, которые подвергались действию ДМСО

Фракция	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{SO}_3$	ППР*	$\Sigma$
3	49,90	0,38	37,27	0,42	0,95	0,68	0,41	14,14	100,21
1	47,20	1,48	35,31	2,70	0,65	0,20	0,22	12,08	99,84

\* Потери при прокаливании.

отражения от органокомплекса при добавлении 7 % ДМСО возросла. Судя по рентгенограммам, образцы каолинита одного месторождения отличаются микроструктурой и вследствие наличия дефектов имеют различную степень упорядочения слоев, что особенно заметно на дифрактограммах (рис. 2 и 3) в области от  $d_{001}=0,714$  нм до  $d_{001}=0,357$  нм. Это свидетельствует о большой разнородности в строении пакетов каолинитовых частиц, оказывающей влияние на их физико-химические свойства и особенно проявляющейся при взаимодействии

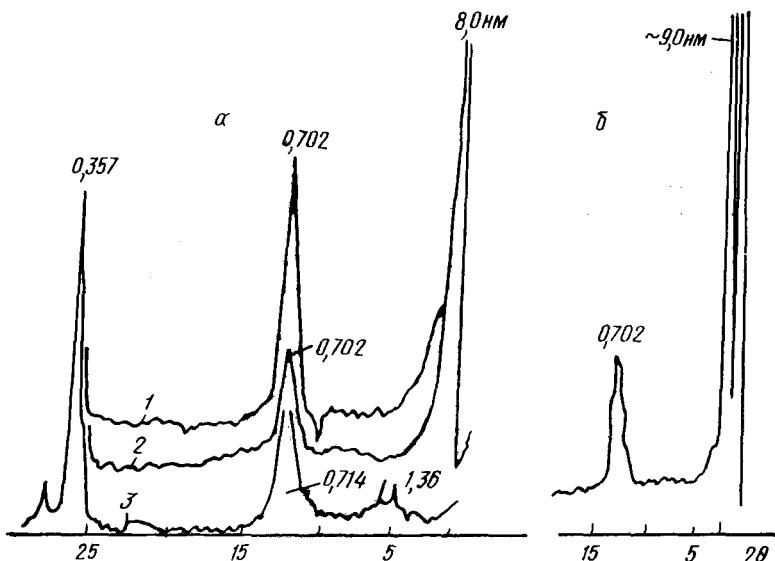


Рис. 3. Дифрактограммы каолинита, обработанные водными растворами ДМСО в магнитно-вихревом поле. а: 1 — исходный образец; 2, 3 — 3 %-ный и 5 %-ный ДМСО соответственно; б — 7 %-ный ДМСО.

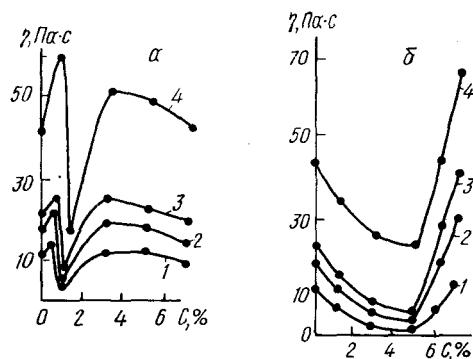
с ДМСО или ПК. Поэтому изучение особенностей взаимодействия каолинита с аprotонными полярными соединениями может быть перспективным методом контроля качества минерала, а возможно, и его микроструктуры.

ИК-спектроскопические исследования таких систем подтверждают правильность интерпретации рассмотренных электроповерхностных и рентгенографических данных и вытекающих из них следствий — механизма образования интеркалированных соединений. Данные исследования ИК-спектров показали [16], что при внедрении ДМСО на спектре каолинита появляются новые полосы в области  $3658, 3535, 3499 \text{ см}^{-1}$ , интенсивность которых возрастает по мере протекания реакции взаимодействия, а интенсивность пика при частоте  $3690 \text{ см}^{-1}$ , ответственного за колебания внутриверхностных групп ОН, уменьшается. Тщательные исследования позволили авторам сделать вывод о том, что ДМСО образует с поверхностью каолинита водородные связи через атом кислорода скорее, чем через атом серы. Подобные доказательства были приведены для амидных производных каолинита [17, 18].

В литературе рассматривается несколько иной подход к механизму взаимодействия органических соединений с каолинитом. Так, автор работы [7] образование органокомплексов каолинита связывает со спиральным строением его частиц, в результате которого между слоями обнаруживаются дефекты в виде пустот размером 0,6—0,7 нм, куда и внедряются первые молекулы полярных органических веществ. Затем путем двумерной диффузии органические соединения последовательно заполняют все межслоевые промежутки, что приводит к набуханию агрегатов. Если следовать этой точке зрения, то становится неясной причина неразбухаемости каолинитов различных генетических типов, содержащих много дефектов в виде спиралей роста с большим расстоянием между слоями.

Мы считаем, что формирование соединений включения (интеркалаторов) происходит в результате химического процесса взаимодействия аprotонных соединений с гидроксильными группами, сочленяющими слои каолинита, и мономерными молекулами воды, расположеннымими в псевдогексагональных лунках структуры. В пользу этого свидетельствуют также высокие значения энергии разложения органокомплексов каолинита с ДМСО, которые достигают  $\Delta H = 58 \pm 5$  кДж/моль, и энергии активации процесса  $E = 105 \pm 8$  кДж/моль [11, 12]. Если учесть, что энергия связи между слоями каолинита, согласно расчетам [2], очень высока и для разделения слоев на расстояние 0,3–0,7 нм требуется энергия порядка 210 кДж/моль, то при наличии дефектов в кристаллической

Рис. 4. Зависимость динамической вязкости 15 %-ных дисперсий каолинита в диоктилфталате от концентрации пропиленкарбоната (а) и диметилсульфоксида (б) при градиентах скорости сдвига: 1 — 1300; 2 — 216; 3 — 120; 4 — 24 с<sup>-1</sup>.



решетке это значение, как правило, уменьшается на порядок. Согласно приведенным данным, молекулы ДМСО могут разорвать водородные связи между слоями в силу высокого сродства к протонам. Следовательно, только химическая точка зрения на механизм формирования интеркалаторов позволяет объяснить все наблюдаемые явления и прогнозировать поведение каолинитов в различных средах.

Основываясь на развитых выше представлениях, можно предположить, что в присутствии полярных аprotонных соединений реологические свойства дисперсий каолинита будут претерпевать существенные изменения. Введение ДМСО в углеводородные или полиэфирные среды должно приводить к упрочнению или разжижению коагуляционной структуры в зависимости от концентрации полярной компоненты. Действительно, как видно из рис. 4 (а, б), введение малого количества ДМСО в диоктилфталат при наполнении его исходным и модифицированным каолинитом приводит к некоторому росту вязкости в результате образования поверхностных соединений, способных к образованию цепочек структур. С увеличением концентрации ДМСО до 5 об. % при смешении с каолинитом на вальцах сильно понижается вязкость в результате насыщения всех водородных связей в системе и образуются кольцевые структуры. Добавки пропиленкарбоната оказывают подобное действие на эту систему при значительно меньших концентрациях.

Для подтверждения причин роста вязкости или разжижения суспензий каолинита в ДОФ, связываемых нами с дополнительным образованием в системе водородных связей или их разрывом, восстановим часть водородных связей путем введения в систему с пропиленкарбонатом в ДОФ и каолинитом различного количества воды. Введение воды привело к сильному росту вязкости. Причем изменение вязкости зависит от соотношения полярных компонент — пропиленкарбоната и воды. Полученные результаты по управлению реологическими свойствами полиэфирных суспензий каолинита имеют исключительно важное значение для регулирования технологического процесса получения пластизолов. Как известно [19], пластизоли представляют собой жидкие композиционные системы, приготовленные на основе ДОФ, поливинилхлорида и различных наполнителей, основным из которых является каолин. Понижение вязкости суспензий каолина в ДОФ в присутствии ДМСО, пропиленкарбоната и других добавок позволяет повысить степень наполнения пластизолов более чем вдвое, что приведет к удешевлению их за счет экономии полимера.

Таким образом, разрушение или восстановление водородных связей между частицами твердой фазы в углеводородных или полиэфирных средах является эффективным методом управления реологическими свойствами промышленно важных систем.

1. Вдовенко Н. В. Лиофилизация поверхности слоистых минералов и межфазные взаимодействия.— Физико-хим. механика и лиофильность дисперс. систем, 1984, вып. 16, с. 45—57.
2. Giese R. F. The electrostatic interlayer forces of layer structure minerals.—Clays and Clay Miner., 1978, **26**, N 4, p. 51—57.
3. Моррисон С. Химическая физика твердого тела : Пер. с англ.— М. : Мир, 1980.— 415 с.
4. Шаркина Э. В. Строение и свойства органоминеральных соединений.— Киев : Наук. думка, 1976.— 89 с.
5. Диметилсульфоксид / Н. С. Пушкарь, М. И. Шраго, А. М. Белоус, Ю. В. Калугин.— В кн.: Криопротекторы. Киев : Наук. думка, 1978.— 204 с.
6. Kaolinit Eilagerungs Verbindungen / A. Weiss, W. Thielepape, G. Göring et al.— Intern. Clay conf., 1963, vol. 1, p. 287—305.
7. Чекин С. С. Разбухание кристаллов каолинита в полярных органических жидкостях.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1982, № 11, с. 89—99.
8. Lee S. X., Luckson M. D., Brown I. L. Micaceous occlusions in kaolinite observed by ultra-microtom and high resolution electron microscopy.— Clays and Clay Miner., 1975, **23**, N 2, p. 125—129.
9. Федоренко Ю. Г., Рахмангулова Д. З., Кукоуский Е. Г. Дегидроксилия каолинита и микронапряжения при взаимодействии с органическими молекулами.— Конституция и свойства минералов, 1978, вып. 12, с. 42—47.
10. Seto H., Cruz-Cumplido M. I., Fripiat J. G. Reactivity of a long spasing—ammonium—propionate—kaolinite. Intercalate toward diol, diamines and quaternary ammonium salts.— Clay Miner., 1978, **13**, N 3, p. 309—321.
11. Adams J. M., Wal G. Thermal decomposition of a caolinite : dimethyl sulfoxide intercalate.— Clays and clay minerals, 1980, **28**, N 2, p. 130—134.
12. Adams G. M. Differential scanning colorimetric study of the kaolinite N-methyl-formamide intercalate.— Ibid., 1978, **26**, N 9, p. 169—172.
13. Федоренко Н. Г., Кадошников В. М., Кукоуский Е. Г. Особенности субмикроскопической структуры каолинитов с различной упорядоченностью кристаллической структуры.— Конституция и свойства минералов, 1975, вып. 9, с. 13—19.
14. Петровская Н. В. Неоднородность минералов — один из важнейших вопросов современной минералогии.— В кн.: Материалы II съезда ММА. Новосибирск, 1978. М. : Наука, 1980, с. 3—7.
15. Чухров Ф. В., Петровская Н. В., Звягин Б. Б. О некоторых основных понятиях минералогии.— Минерал. журн., 1983, 5, № 2, с. 8—18.
16. Infrared spectra of kaolin mineral dimethyl sulfoxide complexes / S. Olejnik, L. A. G. Aylmore, A. M. Posner, J. P. Quirk.— J. Phys. Chem., 1968, **72**, N 1, p. 241—249.
17. Olejnik S., Posner A. M., Quirk J. P. The IR spectra of interlamellar kaolinite-amide complexes. 1. The complexes of formamide, N-methylformamide and dimethylformamide.— Clays and Clay miner., 1971, **19**, N 1, p. 83—94.
18. Olejnik S., Posner A. M., Quirk J. P. The intercalation of polar organic compounds into kaolinite.— Clay Miner., 1970, **8**, N 3, p. 421—434.
19. Влияние полярных добавок на диспергирование органофильтных бентонитов в пластиэольных композициях / Л. В. Березов, Ф. Д. Овчаренко, В. В. Гузев, Н. В. Вдовенко.— Укр. хим. журн., 1981, **47**, № 7, с. 710—714.

Ин-т коллоид. химии и химии воды АН УССР,  
Киев

Поступила 03.05.84

УДК 541.183

## ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ КАТИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ НА АМОРФНОЙ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РАЗНОВИДНОСТЯХ ГИДРАТИРОВАННОГО ДИОКСИДА ТИТАНА

С. А. Хайнаков, В. Н. Беляков, В. В. Стрелко

Неорганические иониты на основе гидратированного диоксида титана (ГДТ) уже давно привлекают внимание исследователей как селективные поглотители ионов *d*-металлов, урана, лития, а также анионов фтора, фосфата, арсената [1—2] и др. Вместе с тем в литературе нет