

Д-р техн. наук Б.А. Блюсс
(ИГТМ НАН Украины)
инж. Н.А. Никифорова
(НМетАУ)

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПОЛИАКРИЛАМИДА К ГИДРОСМЕСИ НА ДЕЗИНТЕГРАЦИЮ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ

Досліджено вплив водних розчинів катіоноактивного та аніоноактивного поліакриламід у різну концентрацією на процес дезінтеграції глинястих агломератів у статичних та динамічних умовах.

THE INFLUENCE OF POLYACRYLAMIDE ADDITIVES ON DECOMPOSITION OF CLAY MINERALS

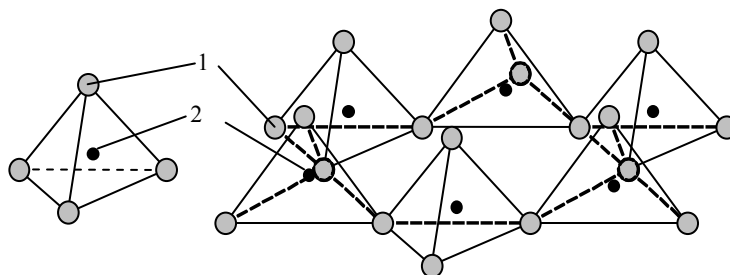
The influence of cationic and anionic polyacrylamide water solutions with different concentration on decomposition process of clay agglomerates is investigated.

При использовании мокрых методов в технологиях добычи и обогащения полезных ископаемых широко используется гидротранспорт исходного сырья на обогатительное производство. Одним из приоритетных путей повышения эффективности работы гидротранспортных систем является снижение энергоемкости процесса гидротранспорта, которому может способствовать применение гидродинамически активных добавок (ГДАД), снижающих гидравлическое сопротивление турбулентных потоков [1, 2]. Гидродинамически активными являются водорастворимые полимеры, состоящие из линейных молекул, способных вытягиваться в длинные нити. Наиболее изучена гидродинамическая активность полиакриламида (ПАА), который применяется в качестве ГДАД для трубопроводных систем, транспортирующих воду [2] и представляет собой карбоцепной полимер состава $[-CH_2-CH(CONH_2)-]_n$. Кроме того, эффективность гидротранспорта определяет также крупность кусков транспортируемого материала [3], которая изменяется при взаимодействии агломератов горной массы с водой [4, 5]. При разработке россыпных месторождений материал, подаваемый на обогатительную фабрику, содержит глинистые фракции. Однако поведение агломератов глины в присутствии воды и водных растворов ПАА, которое необходимо учитывать при выборе режимов работы гидротранспортной установки, до настоящего времени не изучено.

Целью статьи является исследование процессов взаимодействия агломератов глины различного состава с водой и водными растворами катионоактивного и анионоактивного полиакриламида с различной концентрацией в статических и динамических условиях.

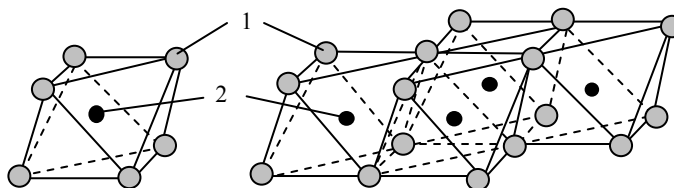
В основе кристаллической структуры глинистых минералов лежит контакт тетраэдрических и октаэдрических элементов. Первый элемент образован кремнекислородными тетраэдрами, состоящими из атома кремния и четырех окружающих его атомов кислорода. Отдельные тетраэдры, соединяясь друг с

другом, создают непрерывную двухмерную тетраэдрическую сетку (рис. 1) [6, 7]. Другим структурным элементом глинистых минералов является октаэдр, образованный шестью атомами кислорода или гидроксогруппами. В центре октаэдра может располагаться атом алюминия, железа или магния. Отдельные октаэдры, соединяясь, образуют двухмерную октаэдрическую сетку (рис.2) [6, 7].



1 – атомы кислорода; 2 – атомы кремния

Рис. 1 – Схематическое изображение кремнекислородного тетраэдра и сетки кремнекислородных тетраэдров [6]



1 – гидроксогруппы; 2 – атомы алюминия, железа или магния

Рис. 2 – Схематическое изображение октаэдров и октаэдрической сетки [6]

Благодаря близости размеров тетраэдрические и октаэдрические сетки легко совмещаются друг с другом с образованием единого гетерогенного слоя. В результате глинистые минералы имеют слоистую структуру. Наличие на поверхности глины атомов кислорода и гидроксогрупп приводит к тому, что поверхность глины имеет отрицательный заряд, и на ней адсорбируются гидратированные ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и Fe^{3+} , так называемые обменные катионы. Связь между гетерогенными слоями может быть различной в зависимости от особенностей строения слоя и величины его заряда и иметь разную прочность [7]. Решетка кристаллов глинистого минерала может быть трехслойной или двухслойной. Трехслойные решетки связываются в пакеты прослойкой воды, количество которой может увеличиваться и уменьшаться, в связи с чем толщина трехслойного пакета с прослойкой воды является переменной, а кристаллическая решетка – раздвижной [6]. Отсутствие одного из слоев лишает слоистый пакет симметричности и делает его связь с соседним пакетом сравнительно прочной, что приводит к тому, что кристаллическая решетка становится жесткой [6]. Такая структура глинистых минералов

определяет их способность к набуханию. Процесс набухания глин проходит в две стадии: первая стадия – адсорбционное или внутрикristаллическое набухание, вторая – макроскопическое, или осмотическое набухание [7]. На первой стадии глинистая порода впитывает влагу за счет адсорбции молекул воды поверхностью глинистых частиц и межслоевыми промежутками кристаллической решетки глинистых минералов. При адсорбционном набухании вокруг обменных катионов образуются гидратные оболочки, и агрегат пакетов при этом набухает. На второй стадии набухания поглощение влаги осуществляется с помощью осмотического давления [7].

При проведении исследований в статических условиях предварительно измеренные с помощью штангенциркуля образцы глины помещались в сосуд с водопроводной водой или раствором полиакриламида, и все изменения фиксировались с помощью цифрового фотоаппарата. Далее содержимое сосуда перемешивалось вручную стальным стержнем, и велись наблюдения за процессом седиментации суспензии. Динамические условия создавались с помощью мешалки с электроприводом. Образцы глины представляли собой агломераты зеленовато-серой глины из карьера Вольногорского горно-металлургического комбината (ВГМК) (глина 1) и агломераты глины, образовавшиеся при прохождении гидросмеси по трубопроводу гидротранспортного комплекса от карьера до обогатительной фабрики (глина 2).

В статических условиях при взаимодействии с водопроводной водой разрушение образцов глины 1 начиналось мгновенно, время разрушения единицы объема образцов составляло в среднем 0.26 с/мм^3 . После перемешивания осадка стальным стержнем наблюдалось быстрое оседание сравнительно крупных частиц с образованием компактного осадка с одновременным образованием агрегативно устойчивой суспензии тонких частиц глины. Осветление раствора стало практически полным только через 44.5 часа.

Разрушение образца глины 2 в статических условиях в водопроводной воде также началось практически мгновенно. Время разрушения единицы объема образца составило 0.12 с/мм^3 , что в 2,17 раза меньше времени разрушения образцов глины 1. После перемешивания осадка стальным стержнем наблюдалось образование компактного осадка мелких частиц и мутного раствора желтоватого цвета над осадком. Раствор практически полностью осветлился через 22 часа.

Таким образом, дезинтеграция глины 2 под действием воды протекает с большей скоростью, чем дезинтеграция глины 1. Это можно объяснить тем, что глина 1 имеет более жесткую кристаллическую решетку, чем глина 2, что затрудняет ее набухание и последующее разрушение.

В динамических условиях скорость разрушения глины 1 возросла в 3.38 раза, время разрушения единицы объема составило $0,08 \text{ с/мм}^3$, причем раствор быстро стал мутным. При отключении мешалки после полной дезинтеграции образца быстро образовался компактный осадок и мутный

раствор над ним. При определении скорости осветления раствор дополнительно перемешивался стальным стержнем вручную. При этом полное осветление раствора наблюдалось через 42 часа. Так как высота слоя суспензии при дезинтеграции глины в динамических условиях была в 3,5 раза выше, чем в статических условиях, то можно говорить о повышении скорости седиментации тонких частиц глины 1 после гидродинамического воздействия на агломерат.

Скорость разрушения глины 2 в динамических условиях по сравнению со статическими возросла в 1,33 раза, время разрушения единицы объема агломерата составило $0,09 \text{ с/мм}^3$, причем, как и в случае глины 1, раствор быстро стал мутным. Менее интенсивное возрастание скорости разрушения агломерата глины 2 по сравнению с глиной 1 можно объяснить большей набухаемостью глины 2 и уменьшением за счет набухания роли гидродинамического воздействия. После окончания гидродинамического воздействия уже через 23 минуты произошло практически полное осветление раствора, а слой суспензии уплотнился настолько, что его стало возможным считать рыхлой частью слоистого осадка. При повторном перемешивании жидкости с осадком стальным стержнем вновь образовалась суспензия. Через 1,5 часа после повторного перемешивания наблюдалось полное осветление раствора и окончательное уплотнение осадка.

Таким образом, скорость седиментации суспензии глины 2 в водопроводной воде после гидродинамического воздействия существенно возрастает, причем в значительно большей степени, чем скорость седиментации суспензии глины 1. Видимо, это связано с тем, что при гидродинамическом воздействии на агломерат глины 2 в результате дезинтеграции образуется значительно меньше тонких частиц, чем в случае глины 1. Можно предположить, что гидратация частиц глины 1 происходит легче, чем гидратация частиц глины 2. Более легкая гидратация частиц в сочетании с более жесткой кристаллической решеткой приводит к тому, что для глины 1 преобладающей стадией набухания является адсорбционное набухание. Адсорбировавшиеся на поверхности глины молекулы воды оказывают расклинивающее влияние на кристаллическую решетку и, постепенно окружая микроскопические частицы, образуют вокруг них гидратную оболочку, облегчая тем самым их переход в раствор. При гидродинамическом воздействии количество тонких частиц, образовавшихся в результате дезинтеграции, должно уменьшаться, так как в этом случае разрыв связей должен происходить в основном в тех местах, где расклинивающее давление оказалось наибольшим. Это может служить причиной увеличения скорости седиментации суспензии глины 1 после гидродинамического воздействия по сравнению со статическими условиями.

Раздвижная кристаллическая решетка глины 2 в большей степени подвержена осмотическому набуханию. В результате повышения внутрикристаллического давления, прежде всего, ослабевают связи между слоями в пакете и между пакетами. Это должно приводить к откалыванию от агломерата глины более крупных частиц, чем в случае адсорбционного набухания. Гидродинамическое воздействие должно облегчать разрыв

межслойных и межпакетных связей, что, очевидно, должно приводить к уменьшению доли тонких частиц.

Поведение обоих видов глины в растворах катионоактивного (ПАА К) и анионоактивного (ПАА А) полиакриламида различалось радикальным образом. Наблюдались и отличия в поведении образцов глины 1 и глины 2 в растворе ПАА К.

В статических условиях при взаимодействии с 0,01 %-ным раствором ПАА К образцов глины 1 разрушение начиналось мгновенно, как и при взаимодействии с водой. Время разрушения единицы объема образцов составило в среднем $0,22 \text{ с/мм}^3$, что в 1,18 раза меньше, чем в воде. Таким образом, присутствие в воде ПАА К с массовой долей 0,01 % ускоряет дезинтеграцию глины 1. Образовавшийся осадок отличался по виду от осадка, полученного в воде, был более рыхлым, объемным. После перемешивания осадка стальным стержнем наблюдалось практически мгновенное полное осветление раствора.

В статических условиях в 0,02 %-ном растворе ПАА К образец глины 1 также начинал быстро разрушаться. Время разрушения единицы объема образцов составило в среднем $0,16 \text{ с/мм}^3$, что в 1,63 раза меньше, чем в воде и в 1,38 раза меньше, чем в 0,01 %-ном растворе ПАА К. После перемешивания осадка стальным стержнем, как и в случае 0,01 %-ного раствора ПАА К, наблюдалось практически мгновенное полное осветление раствора.

В 0,05 %-ном растворе ПАА К в статических условиях разрушение образцов глины 1 начиналось не сразу. Только через 15-16 мин. стало заметным образование трещин в агломерате и увеличение его объема. Далее происходило развитие и углубление трещин, но даже через 38-39 мин., когда изменения прекратились, полной дезинтеграции образцов не произошло. После перемешивания осадка стальным стержнем наблюдалась полная дезинтеграция образцов с последующим быстрым осаждением рыхлого осадка. При повторном перемешивании частицы плохо взвешивались.

Поведение глины 1 в растворах ПАА К разной концентрации подтверждает сделанный ранее вывод о преобладании адсорбционной стадии при набухании глины 1. При электролитической диссоциации катионоактивного полимера в водном растворе образуются полимерные ионы, имеющие положительно заряженные центры, способные взаимодействовать с отрицательно заряженными центрами на поверхности глины 1. Такое взаимодействие должно ослаблять связи поверхностных ионов или полярных центров с другими атомами, что при небольшой концентрации ПАА К ускоряет процесс дезинтеграции, поскольку малое количество полимерных ионов не препятствует доступу к поверхности агломерата молекул воды и их расклинивающему воздействию на кристаллическую решетку глины. При этом очевидно, что вклад адсорбции полимерных ионов в ослабление химических связей и последующую дезинтеграцию агломерата глины 1 является значительным, поскольку в 0,01 %-ном растворе ПАА К скорость процесса дезинтеграции больше, чем в воде, а в 0,02 %-ном растворе ПАА К – больше,

чем в 0,01 % -ном растворе. В то же время в 0,05 % -ном растворе ПАА К процесс дезинтеграции существенно замедляется, что можно объяснить заполнением поверхности агломерата адсорбированными полимерными ионами и ограничением вследствие этого доступа молекул воды к поверхности агломерата. Таким образом, зависимость скорости дезинтеграции агломератов глины 1 от концентрации ПАА К в растворе имеет максимум, соответствующий концентрации, обеспечивающей наибольшую скорость процесса дезинтеграции. С другой стороны, адсорбция на поверхности агломерата длинных полимерных ионов, содержащих большое количество заряженных центров, приводит к тому, что тонкие частицы глины, способные образовывать агрегативно устойчивую суспензию, не образуются совсем, а осадок получается рыхлым и объемным, состоящим их хлопьев – флокул. При этом следует отметить меньшую способность флокул к взвешиванию по сравнению с частицами глины 1, не содержащими адсорбированных полимерных ионов.

В статических условиях при взаимодействии с 0,01 %-ным раствором ПАА К образцов глины 2 разрушение начиналось мгновенно, как и в случае глины 1, однако затем процесс дезинтеграции замедлялся. Полная дезинтеграция не наступила даже через 4,5 часа, хотя образовалось большое количество мелких частиц. Осадок был рыхлым, объемным. Таким образом, в 0.01 %-ном растворе ПАА К скорость процесса дезинтеграции глины 2 уменьшается по сравнению со скоростью дезинтеграции в воде. После перемешивания осадка стальным стержнем произошла полная дезинтеграция агломерата глины 2. Раствор получился мутным, желтоватого цвета. Скорость седиментации частиц глины 2 в 0.01 %-ном растворе ПАА К была несколько выше, чем в воде.

При взаимодействии в статических условиях образцов глины 2 с 0,05 %-ным раствором ПАА К в начальный момент времени разрушение агломерата практически не происходило. Через 30 минут появилась небольшая трещина, через 40 мин. трещина стала глубже. Только через час образец стал распадаться на большие куски. Полная дезинтеграция образца не произошла даже через сутки. При этом раствор стал желтоватым и слегка мутным. Таким образом, в 0.05 %-ном растворе ПАА К скорость процесса дезинтеграции глины 2 уменьшается по сравнению со скоростью дезинтеграции как в воде, так и в 0.01 %-ном растворе ПАА К.

Поведение глины 2 в растворах ПАА. К разной концентрации подтверждает сделанный ранее вывод о преобладании осмотической стадии при набухании глины 2. При появлении вблизи поверхности глины 2 полимерных ионов и сопутствующих им противоионов уменьшается градиент концентрации молекул воды в растворе и межпакетных промежутках глины, что затрудняет диффузию молекул воды в межпакетные промежутки и уменьшает осмотическое давление. В результате разрушение агломератов происходит с тем меньшей скоростью, чем больше концентрация ПАА К. Кроме того, в пользу преобладания осмотического набухания свидетельствует также образование тонких частиц глины 2 в растворе ПАА К, хотя и в меньшем количестве, чем в воде. Небольшое повышение скорости седиментации частиц

глины 2 в растворе ПАА К по сравнению с водой означает, что флокулирующая способность ПАА К по отношению к глине 2 хотя и имеет место, но она невелика и существенно меньше, чем по отношению к глине 1.

В динамических условиях дезинтеграция глины 1 в 0.01 %-ном растворе ПАА К началась быстро, время разрушения единицы объема агломерата составило $0,06 \text{ с/мм}^3$, то есть скорость разрушения возросла в 3,67 раза по сравнению со статическими условиями и в 1,33 раза по сравнению со скоростью дезинтеграции в воде в динамических условиях. Следует отметить, что при работе мешалки распределение частиц по высоте слоя суспензии было неравномерным. При определении скорости осветления раствор дополнительно перемешивался стальным стержнем вручную. При этом наблюдалось быстрое оседание частиц, но осветление было неполным. Через 40 минут после повторного перемешивания степень осветления стала весьма высокой, однако полная прозрачность достигнута не была. Через 23 часа наблюдалось полное осветление.

Скорость дезинтеграции глины 1 в 0,02 %-ном растворе ПАА К в динамических условиях оказалась в 1,33 раза меньше, чем в 0.01 %-ном растворе ПАА К, однако в 2 раза больше, чем в 0,01 %-ном растворе ПАА К в статических условиях. Время разрушения единицы объема глины 1 составило $0,08 \text{ с/мм}^3$. При работе мешалки распределение частиц по высоте слоя суспензии было неравномерным. После отключения мешалки раствор над осадком был прозрачным, осадок – рыхлым, объемным.

В 0.05 %-ном растворе ПАА К при гидродинамическом воздействии, в отличие от статических условий, полная дезинтеграция агломерата глины 1 была достигнута, хотя разрушение и не начиналось мгновенно. Время разрушения единицы объема агломерата составило $0,13 \text{ с/мм}^3$, то есть скорость процесса дезинтеграции в динамических условиях в 0,05 %-ном растворе ПАА К была в 1,63 раза меньше, чем в воде и в 0,02 %-ном растворе ПАА К, и в 2,17 раза меньше, чем в 0,01 %-ном растворе ПАА К. При работе мешалки распределение частиц по высоте слоя суспензии было неравномерным. После повторного перемешивания раствора с осадком по окончании гидродинамического воздействия рыхлый объемный осадок осел практически мгновенно.

Таким образом, гидродинамическое воздействие ускоряет процесс дезинтеграции глины 1 в растворах ПАА К по сравнению со статическими условиями при всех исследованных концентрациях, а по сравнению с водой в динамических условиях – при массовой доле ПАА К 0,01 % и 0,05 %. В 0,02 %-ном растворе ПАА К скорость разрушения агломерата глины 1 была такой же, как и в воде в динамических условиях. Образование небольшого количества тонких частиц в 0.01 %-ном растворе ПАА К можно объяснить тем, что концентрация полимерных катионов была недостаточной для мгновенного связывания всех тонких частиц во флокулы. Тем не менее, флокуляция происходила при всех концентрациях ПАА К, причем способность к

взвешиванию частиц флокулированного осадка была существенно меньше, чем нефлокулированного.

Дезинтеграция глины 2 в 0.01 %-ном растворе ПАА К в динамических условиях, в отличие от статических, происходила полностью, причем со скоростью, которая была в 1,5 раза выше, чем в динамических условиях в воде, и такой же, как скорость дезинтеграции глины 1 в динамических условиях в 0.01 %-ном растворе ПАА К. При работе мешалки способность частиц осадка к взвешиванию была высокой, распределение частиц по высоте слоя суспензии было практически равномерным, а сразу после остановки мешалки раствор был весьма мутным, хотя осветление начиналось быстро. Это подтверждает преимущественно осмотический характер набухания глины 2. При повторном перемешивании раствора с осадком стальным стержнем раствор стал мутным. При этом скорость осветления раствора была примерно такой же, как после дезинтеграции в динамических условиях в воде. Вместе с тем следует отметить, что осадок, полученный в растворе ПАА К, был более рыхлым и объемным, чем осадок, полученный в воде. Это свидетельствует о том, что флокуляция тонких частиц глины 2 катионоактивным полиакриламидом все же протекает, хотя и в малой степени.

В статических условиях при взаимодействии с 0,01 %-ным раствором ПАА А образцов глины 1 в начальный момент времени разрушение практически не происходило. Только через 0,5 часа агломерат глины покрылся трещинами. На поверхности выделились пузырьки газа. Через 20 часов степень разрушения увеличилась, однако полная дезинтеграция достигнута так и не была. При перемешивании стальным стержнем происходила полная дезинтеграция агломерата глины 1. При этом быстро осаждался компактный осадок, состоящий из мелких частиц и частиц средней крупности. При повторном перемешивании частицы плохо взвешивались.

В 0.05 %-ном растворе ПАА А в статических условиях в начальный момент времени с агломератом глины 1 ничего не происходило. Через 20 минут на поверхности появились трещины и пузырьки газа. Через 1,5 часа трещины стали глубже, от агломерата откололся небольшой кусок. Через 19 часов изменений практически не произошло. При перемешивании стальным стержнем большой кусок разбился на несколько более мелких. Раствор был совершенно прозрачным. При повторном перемешивании произошло измельчение кусков, появились частицы разного размера, которые не взвешивались.

Аналогичным было поведение глины 2 в растворах ПАА А в статических условиях. При взаимодействии с 0,01 %-ным раствором ПАА А в начальный момент времени разрушение агломерата практически не происходило. Только через 16 минут началось развитие трещины, проходящей через весь агломерат. На поверхности выделились пузырьки газа. Заметное углубление трещин произошло через 30 минут после начала. Через 2,5 часа степень разрушения увеличилась, однако полная дезинтеграция достигнута не была. При перемешивании стальным стержнем произошло измельчение агломерата.

Образовались частицы различной крупности, которые практически не взвешивались, и мелкие кусочки.

При погружении агломерата глины 2 в 0,05 %-ный раствор ПАА А на поверхности агломерата мгновенно появились пузырьки газа, которые постепенно увеличивались в размерах и отрывались от поверхности. Вместо них появлялись новые пузырьки. Только через 20 минут на образце появилась маленькая трещина, заметное развитие которой наблюдалось через 40 минут после начала. Через 1,5 часа после начала образец оказался пронизан глубокими трещинами, причем через 2,5 часа после начала его вид не изменился. При перемешивании стальным стержнем кусок с трудом удалось разбить на несколько более мелких. Образовалось очень малое количество частиц разной крупности, которые не взвешивались.

Дезинтеграция глины 1 в 0.01 %-ном растворе ПАА А в динамических условиях, в отличие от статических, происходила полностью, причем со скоростью, которая была в 2,25 раза ниже, чем в динамических условиях в воде и в 0,02 %-ном растворе ПАА К, в 3 раза ниже, чем в динамических условиях в 0,01 %-ном растворе ПАА К, и в 1,38 раза ниже, чем в 0,05 %-ном растворе ПАА К. Время разрушения единицы объема глины 1 составило $0,18 \text{ с/мм}^3$. Разрушение происходило с образованием осадка, состоящего из мелких частиц. Наблюдалось неравномерное распределение частиц по высоте при работе мешалки. Раствор над осадком был слегка мутным, и его осветление после отключения мешалки происходило медленнее, чем в присутствии ПАА К. Полное осветление раствора наблюдалось через 20 минут после окончания гидродинамического воздействия.

Дезинтеграция образца глины 1 в 0.05 %-ном растворе ПАА А протекала крайне медленно, причем отколовшиеся частицы не взвешивались даже при работе мешалки. Дезинтеграция агломерата не произошла и через 30 минут работы мешалки, мелких частиц образовалось мало. Через 17,5 часа после окончания гидродинамического воздействия изменений практически не наблюдалось.

При гидродинамическом воздействии на образец глины 2 в 0.01 %-ном растворе ПАА А произошла частичная дезинтеграция агломерата с образованием мелких частиц, которые после остановки мешалки давали рыхлый осадок. При этом наблюдалось прилипание неразрушившегося агломерата к стенке сосуда, при включении мешалки он не сразу трогался с места. В результате пластической деформации агломерата от ударов о стенки сосуда он приобрел овальную форму. Раствор над осадком стал мутным. Частицы осадка при работе мешалки взвешивались полностью. Наблюдалось также налипание частиц на стенки сосуда и на лопасти мешалки. После перемешивания раствора с осадком стальным стержнем разрушение агломерата не произошло, а полное осветление мутного раствора наблюдалось уже через 4 минуты. Через 20 часов после повторного перемешивания агломерат раскололся на несколько кусков, которые оказались покрыты рыхлым осадком.

Поведение глины 1 и глины 2 в растворах ПАА А в статических и динамических условиях можно объяснить следующим образом. ПАА А получают при частичном гидролизе ПАА в растворе NaOH. При электролитической диссоциации ПАА А в растворе образуются полимерные ионы с большим количеством отрицательно заряженных центров и противоионы Na^+ . Полимерные анионы отталкиваются от отрицательно заряженной поверхности глины и не могут на ней адсорбироваться. Ионы Na^+ , напротив, должны концентрироваться вблизи поверхности глины. Так как ионы Na^+ сами легко гидратируются, то они используют часть молекул воды вблизи поверхности глины для образования собственных гидратных оболочек, что уменьшает возможность гидратации обменных катионов глины и снижает расклинивающее влияние молекул воды на кристаллическую решетку. При гидродинамическом воздействии разрыв химических связей и образование мелких и тонких частиц становятся возможными только за счет механических напряжений. Повышение концентрации ионов Na^+ вблизи поверхности глины снижает также градиент концентрации молекул воды между раствором и внутренним пространством кристалла глины, что затрудняет диффузию молекул воды в межслоевые и межпакетные промежутки глины и уменьшает внутрикристаллическое осмотическое давление. В результате разрушение образца затрудняется даже в динамических условиях. В 0.05 %-ном растворе ПАА А агломераты как глины 1, так и глины 2 приобретают повышенную прочность, что можно объяснить изменением направления осмоса. Концентрация ионов в растворе становится выше, чем в межслоевых и межпакетных промежутках глины, что приводит к диффузии молекул воды из внутрикристаллического пространства глины в раствор. При этом молекулы воды увлекают за собой молекулы газов, и на поверхности глины появляется большое количество пузырьков. В результате изменения направления осмоса должна увеличиваться плотность агломерата, возрастать прочность химических связей и в итоге должна возрастать механическая прочность агломерата, что и наблюдалось при проведении экспериментов.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы. Применение катионоактивных полиэлектролитов в качестве ГДАД при гидротранспорте пульпы, содержащей большое количество глинистых минералов, может быть эффективным только в том случае, если при набухании этих минералов в воде преобладает осмотическая стадия. Если же при набухании глины в воде преобладает адсорбционная стадия, то катионоактивные полиэлектролиты лучше применять в качестве флокулянтов тонких частиц. Применение анионоактивных полиэлектролитов при высоком содержании глинистых минералов в гидросмеси неэффективно ни для флокуляции тонких частиц, ни для снижения гидравлического сопротивления потока пульпы. Однако выдерживание глины в растворе анионоактивного полиэлектролита может быть рекомендовано в тех случаях, когда необходимо увеличить ее прочность и пластичность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровская В.Н. Трубопроводный транспорт в горной промышленности. – М.: Недра, 1985. – 191 с
2. Ступин А.В., Асланов П.В., Симоненко А.П., Быковская Н.В., Фоменко С.А. Применение гидродинамически активных добавок полимеров и поверхностно-активных веществ в энергосберегающих технологиях. // Прикладна гідромеханіка. – 2001. – Т. 3 (75), № 1. – С. 74 – 81.
3. Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий // Ю.Д. Баранов, Б.А. Блосс, Е.В. Семененко, В.Д. Шурыгин – Д.: «Новая идеология», 2006. – 416 с.
4. Проблемы разработки россыпных месторождений / И.Л. Гуменик, А.М. Сокил, Е.В. Семененко, В.Д. Шурыгин. – Днепропетровск: Січ, 2001. – 224 с.
5. Семененко Е.В. Моделирование изменения гранулометрического состава горной массы при пропитывании жидкостью // Науковий вісник Національної гірничої академії України, 2000, №4. – С. 100 - 103.
6. Николаев Н.И., Нифонтов Ю.А., Блинов П.А. Буровые промывочные жидкости. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2002. – 102 с.
7. Соколов В.Н. Глинистые породы и их свойства // Соросовский Образовательный Журнал. – 2000. – № 9. – С. 59 – 65.

УДК 622.831.312:550.3:622.841

Канд. техн. наук Е.А. Слащева
(ИГТМ НАН Украины)

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА ВОКРУГ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Робота присвячена експрес-оцінці напружено-деформованого стану породного масиву навколо геотехнічних об'єктів на основі обґрунтування методів, створення алгоритмів і програмно-технічних засобів математичного моделювання з врахуванням зміни електропровідних властивостей реального масиву під дією геомеханічних факторів та водонасичення.

THE EXPRESS-ESTIMATION THE STRESS-STRAINED STATE OF ROCK MASS AROUND THE GEOTECHNICAL INSTALLATION

The work is devoted the express-estimation the stress-strained state of rock mass around the geotechnical installation on the basis the substantiated methods for creation algorithms and program-technical means for mathematical modeling with accounting the changing of the real massif's electrical conductivity under the influence of the geomechanical factors and water saturation.

Устойчивое состояние подземных выработок, обеспечивающее безопасность проведения горных работ и безаварийное выполнение всего технологического цикла добычи полезных ископаемых, определяется соотношением напряжений, действующих в породном массиве, и прочности пород. В общем случае поле напряжений вокруг выработок зависит от совокупного действия многих взаимосвязанных факторов, которые можно подразделить на несколько групп. Первая группа факторов охватывает особенности начального поля напряжений в массиве. Вторую группу составляют пространственно-геометрические параметры рассматриваемых выработок, прежде всего, форма и размеры поперечного сечения, соотношение длины, ширины и высоты выработки, близость соседних параллельных и наличие пересекающихся выработок, естественных аномальных зон и водоносных горизонтов. К третьей группе относятся физико-механические