

Silver Biochemical Extraction from Kazakhstan Deposits Ores

**Semenchenko G.V., Berkinbayeva A.N.,
Mukusheva A.S., Ponomaryeva E.I.**

*JSC «Center of Earth Sciences, Metallurgy
and Benefication», Almaty, Kazakhstan*

The possibility of silver from gold-argentiferous Kazakhstan deposits ores extraction increase by biochemical leaching methods application is displayed. Leaching process is conducted by complex solvent. The solvent compound consists of cyanide, thiocyanate, bacteriums and aminoacid. The components of leaching liquor proportion optimization by the mathematical simulation method is conducted. It is established that substantially gold and copper proceed to the solution at first 8–16 process hours. Silver content in leaching solution increases after 30 hours process. The presence of all solvent components in solution at temperate proportions is preferable. Precious metals extraction rate in comparison with average cyanide leaching increase on 10–15 % by the investigations results is increased.

Key words: silver, gold, cyanide, thiocyanate, heterotrophic bacteria, aminoacid, biochemical leaching.

Received September 28, 2009

УДК 622.7

Адсорбционные и электрокинетические свойства шунгита в присутствии различных реагентов

**Тусупбаев Н.К., Калиева Р.С., Турысбеков Д.К.,
Семущкина Л.В., Нурахметова Г.Б.**

*АО «Центр наук о Земле, металлургии
и обогащения», Алматы, Казахстан*

Проведены исследования по механизму закрепления бутилового ксантогената и медного купороса на поверхностях природного и обогащенного шунгитов путем измерения адсорбции и электрокинетического потенциала. Показано, что с увеличением рН среды адсорбция бутилового ксантогената снижается за счет гидрофилизации поверхности шунгитов гидроксил-ионами, а отрицательный заряд поверхности шунгита увеличивается.

Ключевые слова: шунгит, флотореагенты, бутиловый ксантогенат, адсорбция, электрокинетический потенциал.

Проведено дослідження щодо механізму закріплення бутилового ксантогенату та мідного купоросу на поверхнях природного та збагаченого шунгітів шляхом вимірювання адсорбції та електрокинетичного потенціалу. Показано, що зі збільшенням рН середовища адсорбція бутилового ксантогенату знижується за рахунок гідрофілізації поверхні шунгітів гідроксил-іонами, а від'ємний заряд поверхні шунгіту збільшується.

Ключові слова: шунгіт, флотореагенти, бутиловий ксантогенат, адсорбція, електрокинетичний потенціал.

В настоящее время в различных сферах и отраслях промышленности зарубежных стран довольно широко используются шунгиты — природное комплексное минеральное сырье. Шунгиты применяются в качестве: а) восстановителя в высокотемпературных металлургических и химических процессах; б) комплексного сырья — заменителя кокса и кварцита — при электротермическом производстве ферросплавов и синтетического чугуна, производстве фосфора и цветных металлов; в) катализатора при гидрометаллургических способах переработки труднообогатимых руд; г) природного очистителя и минерализатора биоактивных природных вод, вод хозяйственного и питьевого назначения.

Впервые обогащенный шунгит показал свою эффективность в процессе флотации в виде модификатора. В результате применения данного модификатора при переработке свинцово-цинковой руды происходит уменьшение расхода реагентов без снижения качества и извлечения свинцового и цинкового концентратов [1–3]. Шунгит считается экологически безопасным реагентом естественного происхождения, который, являясь модификатором флотации, положительно влияет на депрессию углистых пород. Исследования показали, что обогащенный шунгит и угольные сланцы имеют схожую структуру, в их составе присутствуют алифатические группы. С увеличением содержания углерода в шунгите улучшается его депрессирующее действие. Это может быть объяснено тем, что слои алифатических групп шунгита закрепляются слоями алифатических групп угольных сланцев за счет гидрофобных взаимодействий. При этом поверхность угольных сланцев гидрофилизуется и подавляется их флотационная активность.

В работе в качестве объектов исследования были использованы природные и обогащенные шунгиты Чарского месторождения Восточно-Казахстанской области. Было рассмотрено, каким образом флотореагенты и электролиты (активатор или депрессор) адсорбируются на поверхности шунгитов различной модификации в зависимости от pH среды. Проведены исследования по механизму закрепления бутилового ксантогената (БКс) на поверхности природного и обогащенного шунгитов, адсорбционные данные которых приведены на рис.1. Видно, что с увеличением pH среды адсорбция БКс снижается, что может быть связано с гидрофилизацией поверхности шунгитов гидроксил-ионами.

В пользу такого предположения свидетельствуют электрокинетические данные, которые представлены на рис.2, 3. Показано, что с увеличением pH среды отрицательный заряд шунгитов увеличивается за счет преимущественной адсорбции гидроксил-ионов. При увеличении

концентрации БКс отрицательный заряд поверхности шунгитов также увеличивается. Это может быть объяснено тем, что БКс адсорбируется на поверхности шунгитов за счет гидрофобных взаимодействий между его углеводородными радикалами и алифатическими метиленовыми группами циклических нафтеновых фаз шунгитов. В результате этого полярные группы БКс будут обращены в водную фазу, что придает шунгитам отрицательный дополнительный заряд. Из-за большей доступности гидрофобных участков на поверхности обогащенного шунгита к молекулам БКс создаются благоприятные условия для сорбции его молекул. Поверхность шунгита неоднородна из-за содержания различных фаз, поэтому нельзя исключать при адсорбции ионогенных ПАВ, к которым относится БКс, электрические взаимодействия между полярными группами БКс и гидрофильными поляризованными участками шунгитов.

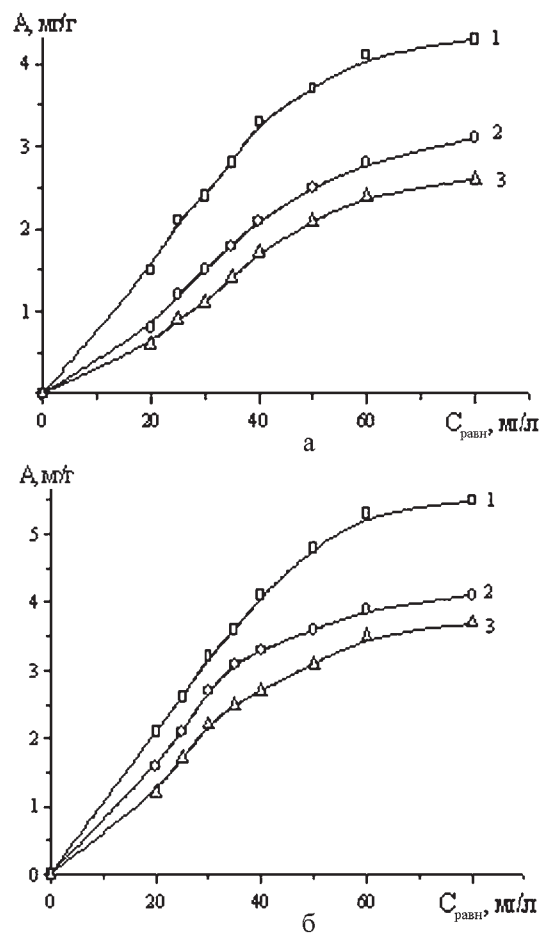


Рис.1. Зависимость адсорбции БКс на поверхности природного (а) и обогащенного (б) шунгита (45 % углерода) при разных pH среды: 1 — 6; 2 — 8; 3 — 10.

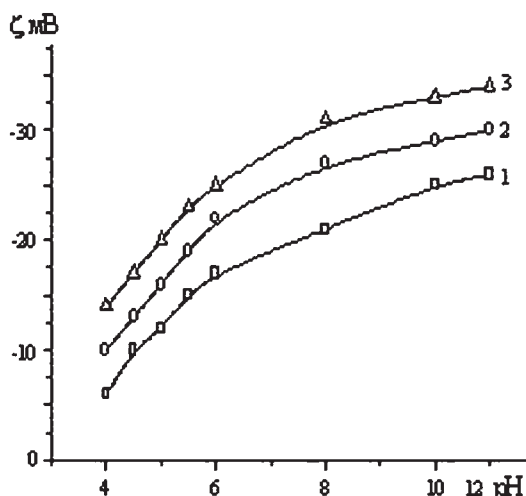


Рис.2. Зависимость электрокинетического потенциала частиц природного шунгита (1) и обогащенных шунгитов относительно углерода 45 % (2) и 51 % (3) от pH среды.

Одним из основных факторов, влияющих на адсорбцию ионов ПАВ на любой границе раздела фаз, являются электрические взаимодействия в области двойного электрического слоя. Следовательно, для объяснения процесса адсорбции необходимо знать, чем обусловлено возникновение поверхностного заряда и какова структура двойного слоя, и располагать данными об электрокинетических потенциалах.

Образование поверхностного заряда при контакте твердой фазы с водным раствором характерно почти для всех систем. Только в определенных условиях, существующих в растворе, общий поверхностный заряд равен нулю, что соответствует точке нулевого заряда (ТНЗ). Чтобы система в целом оставалась электронейтральной, в растворе должно находиться одинаковое число ионов с равными и противоположными по знаку зарядами (исключая избыток заряда в твердой фазе); эта совокупность электрических зарядов противоположных знаков, распределенных вдоль границы раздела двух фаз, образует двойной электрический слой [4].

Де Кайзер и Ликлема [5] в исследованиях типа конгруэнтности использовали изотерму Фрумкина – Фаулера – Гуггенгейма (ФФГ), которая лучше всего описывает адсорбцию ионов тетраалкиламмония на иодиде серебра:

$$\theta / (1-\theta) \cdot \exp(A \theta) = C_1 / [55,51 \cdot \exp(-\Delta G^0_{\text{адс}} / (k T))], \quad (1)$$

где степень заполнения поверхности θ определяется соотношением $\Gamma_1 / N_{\text{ц}}$, а $N_{\text{ц}}$ – общее число адсорбционных центров (в молях), приходящихся на единицу поверхности для монослойного заполнения. Считается, что адсорбция является обратимой и локализованной, а поверхность энергетически

однородной. Латеральные взаимодействия учитываются коэффициентом A , величину которого в соответствии с уравнением (1) можно определить из максимального наклона изотермы ($d\theta/d \ln C_1$) при условии $\theta = 0,5$. Подстановка A в уравнение (1) при $\theta = 0,5$ дает значение $\Delta G^0_{\text{адс}}$.

Несмотря на то, что приведенное выше рассмотрение указывает на преимущества, которые дает применение изотермы ФФГ по сравнению с другими типами изотерм, обычно используемых для описания адсорбции ПАВ, следует отметить два существенных ограничения. Во-первых, безоговорочно принимается, что коэффициент A является постоянным при любой степени заполнения поверхности. В действительности это выражение может изменять знак, а также абсолютную величину при увеличении θ . При низких степенях заполнения A должен отражать электростатическое отталкивание между адсорбированными ионами. Однако обычно считают, что для ионов ПАВ латеральное притяжение цепь – цепь начинает играть заметную роль при более высоких степенях заполнения. Часто сообщается, что кажущаяся энергия адсорбции становится более предпочтительной с увеличением степени заполнения. Во-вторых, на электростатические взаимодействия сильное влияние оказывает заряд, создаваемый фоно-

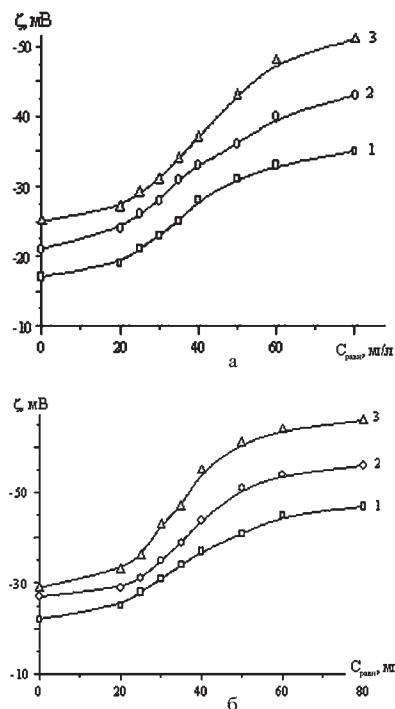


Рис.3. Зависимость электрокинетического потенциала частиц природного (а) и обогащенного (б) шунгита (45 % углерода) от концентрации БКС при разных pH среды: 1 – 6; 2 – 8; 3 – 10.

вым электролитом. Следовательно, конгруэнтность изотерм можно ожидать только в том случае, если все измерения проведены при одной и той же ионной силе.

Полезно сравнивать уравнение (1) с широко используемой изотермой Штерна—Ленгмюра, которая может быть записана в виде выражения [6]:

$$\theta / (1 - \theta) = C_1 / [55,51 \exp(-\overline{\Delta G_{\text{адс}}} / k T)]. \quad (2)$$

В данном случае свободная энергия адсорбции $\Delta G_{\text{адс}}$ зависит от значения потенциала φ_{β} в плоскости адсорбции и от других факторов. Возможность разделения этой энергии на составляющие обсуждается ниже. В то же время в уравнении (1) в член $\Delta G_{\text{адс}}^0$ входят только электростатические свойства, присущие межфазной поверхности в отсутствие адсорбции, а изменение электростатического члена в зависимости от заполнения учитывается в сомножителе $\exp(A\theta)$.

При выводе перечисленных выше уравнений принимаются следующие допущения.

1. Специфически адсорбируются ионы только одного типа — ионы ПАВ, поэтому $\sigma_{\beta} = z_1 e \Gamma_1$. Это допущение обычно выполняется при низкой степени заполнения поверхности в присутствии электролита, который, вероятно, можно рассматривать как индифферентный.

2. Один ион ПАВ замещает одну молекулу растворителя, то есть ион и молекула растворителя имеют одинаковые размеры, что особенно необходимо для выполнения приведенного выше уравнения (2). Хотя в широкой области заполнения может быть достигнуто лучшее соотношение с модифицированным уравнением, учитывающим относительные размеры частиц, имеется некоторая неопределенность в отношении формы изотермы адсорбции вне области с низкой степенью заполнения.

3. Поверхность считается однородной, и при выводе уравнения Штерна делается допущение о возможности учета электрических взаимодействий через среднее значение потенциала.

4. При выводе уравнения Штерна не учитываются дипольные члены и потенциалы собственной ионной атмосферы частиц, а также латеральные взаимодействия цепь — цепь.

Вследствие этого изотерму Штерна—Ленгмюра следует применять при очень низких степенях заполнения поверхности ионами ПАВ или при сравнении адсорбции разных ПАВ при одинаковой степени заполнения (то есть для получения сравнительной информации). Изотермы типа описываемых уравнением (2) часто исполь-

зуются для объяснения адсорбционных и электрокинетических данных и результатов определенных, полученных косвенными методами, например, вследствие измерения краевого угла, причем ограниченностью предположений, использованных при их выводе, как правило, пренебрегают. Например, авторы, изучающие адсорбцию ПАВ на поверхностях раздела минерал — вода, имеют дело с такими условиями заполнения поверхности, при которых возможны латеральные взаимодействия между адсорбированными ионами ПАВ. Широко используется изотерма

$$\Gamma_1 = 2 \gamma C_1 \exp(-\Delta G_{\text{адс}}^0 / (k T)), \quad (3)$$

где γ — радиус адсорбированного иона.

Это выражение, предложенное Грэхемом [4], является аналогом уравнения (2) при низком заполнении ($\theta \rightarrow 0$). При интерпретации процесса адсорбции [7] с использованием уравнения (3) допускается существование латеральных взаимодействий между гидрофобными частями адсорбированных ионов, причем это обстоятельство является очень важным. Таким образом, при сохранении общего вида изотермы Штерна в исходные предположения вносятся коренные изменения.

Рассмотрим вклады различных энергетических параметров при адсорбции ионогенных ПАВ на границе раздела твердое тело — раствор. Обычно принимается, что $\Delta G_{\text{адс}}$ представляет собой сумму нескольких вкладов. Для начала можно записать, что

$$\Delta G_{\text{адс}} = \Delta G_{\text{элек}} + \Delta G_{\text{спец}}, \quad (4)$$

где $\Delta G_{\text{элек}}$ — учитывает электрические взаимодействия, а $\Delta G_{\text{спец}}$ — специфическую адсорбцию и включает все другие вклады в свободную энергию, зависящие от специфической (неэлектрической) природы системы. Хотя эта запись удобна, такое разделение $\Delta G_{\text{адс}}$ условно, поскольку электрические и химические состояния молекулы не обязательно выражаются независимыми величинами.

Кроме того, в терминологии многих авторов $\Delta G_{\text{спец}}$ относится к химической свободной энергии. Обычно считают, что $\Delta G_{\text{элек}}$ полностью определяется кулоновскими взаимодействиями. Однако, согласно де Кайзеру и Ликлема [5], можно включить в $\Delta G_{\text{элек}}$ и дипольный член, следовательно, имеем

$$\Delta G_{\text{элек}} = \Delta G_{\text{кул}} + \Delta G_{\text{дип}}; \quad (5)$$

$$\Delta G_{\text{кул}} = z_1 e \varphi_{\beta}; \quad (6)$$

$$\Delta G_{\text{дип}} = \sum_j \Delta n_j \mu_j E_s. \quad (7)$$

Считается, что $\Delta G_{\text{дип}}$ обусловлена обменными процессами между ионами ПАВ в объеме раствора и в адсорбированном состоянии, сопровождающимися десорбцией n молекул воды. В уравнении (7) Δn_j — изменение числа адсорбированных диполей j с дипольным моментом μ_j ; E_s — напряженность электрического поля в плоскости адсорбированных частиц. Диполи ПАВ, как и диполи воды, учитываются в уравнении (7), и n должно быть связано с Δn_j в соответствии с типом адсорбции ионов ПАВ с учетом возможности замещения ориентированных диполей воды сегментами углеводородной цепи. В порядке критики уравнений (5–7) можно сказать, что $\Delta G_{\text{кул}}$ и $\Delta G_{\text{дип}}$ не являются взаимно независимыми по тем же причинам, которые были выдвинуты в качестве аргументов против существования чистого заряда или конгруэнтности изотерм адсорбции по отношению к потенциалу. Объяснить, что представляет собой $\Delta G_{\text{элек}}$, значительно проще, если пренебрегаем $\Delta G_{\text{дип}}$. Можно рассматривать три следующих случая.

1. Если заряд ионов ПАВ противоположен по знаку общему объемному заряду ($\sigma_o + \sigma_\beta$), то z_1 и ϕ_β имеют противоположные знаки, поэтому z_1 и $\phi_\beta < 0$ и электрическое взаимодействие способствует процессу адсорбции. В отсутствии других специфически адсорбированных ионов (если вначале $\sigma_\beta = 0$) этот случай будет иметь место при очень низких степенях заполнения поверхности ($|\sigma_\beta| < |\sigma_o|$), где σ_β и σ_o имеют противоположные знаки) для комбинаций катионное ПАВ — отрицательно заряженная поверхность и анионное ПАВ — положительно заряженная поверхность.

2. Если $(\sigma_o + \sigma_\beta)$ имеет тот же знак, что и заряд ионов ПАВ, то знаки z_1 и ϕ_β одинаковы и z_1 и $\phi_\beta > 0$, то есть электрические взаимодействия препятствуют адсорбции. В отсутствии специфически адсорбированных ионов этот случай будет иметь место для комбинаций анионное ПАВ — отрицательно заряженная поверхность и катионное ПАВ — положительно заряженная поверхность. То же самое будет иметь место при более высоких степенях заполнения поверхности для комбинаций, перечисленных в первом случае, то есть достаточное количество ионов ПАВ первоначально адсорбируется как противоионы до тех пор, пока $|\sigma_\beta| > |\sigma_o|$ (учитывается в выражении вклада $\Delta G_{\text{спец}}$). Другими словами, в изоэлектрической точке σ_β меняет знак, поэтому $z_1 \phi_\beta$ становится положительным и противоположным по знаку соответствующему члену $\Delta G_{\text{спец}}$.

3. В рассмотренных условиях ИЭТ $\Delta G_{\text{спец}} = 0$ ($\Delta G_{\text{дип}}$ пренебрегаем) и адсорбция определяется выражением $\Delta G_{\text{спец}}$. То обстоятельство, что член $\Delta G_{\text{элек}}$ может стать преобладающим в $\Delta G_{\text{адс}}$ по крайней мере при низких степенях заполнения поверхности, следует из имеющихся в литературе примеров, в которых показано, что ионогенные ПАВ не адсорбируются на некоторых одноименно заряженных поверхностях в количестве, достаточном для их определения.

В приведенном выше объяснении не учтены влияния собственной ионной атмосферы, или влияния «дискретности заряда» [4], и учтен только средний потенциал ϕ_β в плоскости адсорбции. Во многих случаях предполагается, что эта величина известна и что рассчитанные значения $\Delta G_{\text{спец}}$ автоматически включают поправку на собственную ионную атмосферу. Эта поправка, являющаяся электрической величиной, зависит от σ_β ; действительно, это позволяет объяснить изменение расчетных величин $\Delta G_{\text{спец}}$ в зависимости от σ_β [4, 7]. Однако в условиях очень низкого заполнения поверхности, то есть при низком σ_β , влиянием собственной атмосферы можно пренебречь.

Разделение $\Delta G_{\text{спец}}$ на отдельные, считающиеся независимыми взаимодействия, можно выполнить несколькими незначительно различающимися способами в соответствии с тем, взаимодействия какого типа объединены в одну группу: ван-дер-ваальсовы взаимодействия либо взаимодействия между определенными структурными элементами (например, взаимодействия углеводородная цепь — поверхность). Ни один из способов разделения не является совершенным, и выбор типа взаимодействия определяется в первую очередь характером изучаемой системы и используемых экспериментальных переменных [1]. Используем следующий способ деления:

$$\Delta G_{\text{спец}} = \Delta G_{\text{ц-ц}} + \Delta G_{\text{ц-а}} + \Delta G_{\text{пг-а}}, \quad (8)$$

где $\Delta G_{\text{ц-ц}}$ — характеризует изменение свободной энергии при притяжении цепь — цепь между гидрофобными фрагментами адсорбированных ионов; $\Delta G_{\text{ц-а}}$ и $\Delta G_{\text{пг-а}}$ относятся к взаимодействиям цепь — адсорбент и полярная группа — адсорбент соответственно.

Некоторые авторы работы [8] описывают $\Delta G_{\text{ц-а}}$, имея в виду гидрофобное связывание, а другие авторы [9] приписывают $\Delta G_{\text{ц-а}}$ ван-дер-ваальсовым дисперсионным взаимодействиям.

Принято считать, что в водном окружении гидрофобные взаимодействия связаны с общей тенденцией неполярных группировок молекул к агрегированию, приводящему к частичному или

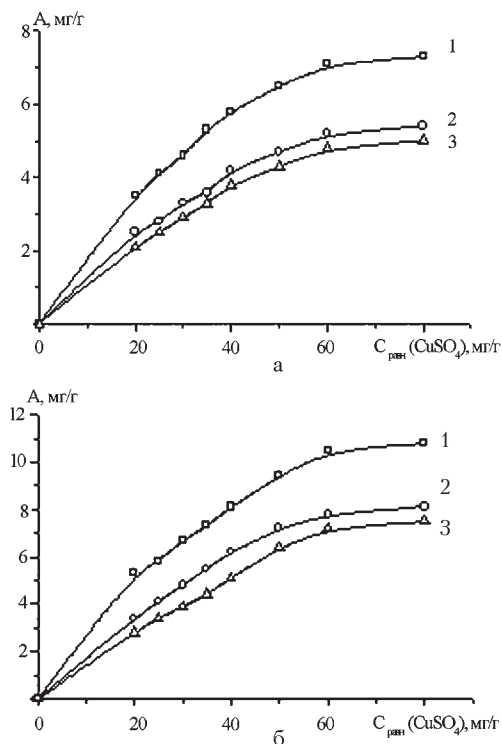


Рис.4. Зависимость адсорбции медного купороса на поверхности природного (а) и обогащенного (б) шунгита (35 % углерода) при разных рН среды: 1 – 6; 2 – 8; 3 – 10.

полному разрушению их контактов с молекулами воды. Свободная энергия этого процесса определяется в основном энтропийными факторами, которые возникают в результате разрушения короткоживущих молекулярных структур воды, окружающих неполярные радикалы [4]. Вероятно, имеет смысл предположить, что и $\Delta G_{\text{II-Ц}}$ и $\Delta G_{\text{II-а}}$ включают гидрофобные взаимодействия, причем $\Delta G_{\text{II-а}}$ сильно зависит от природы поверхности твердого тела, ассоциированной структурированной воды и от того, разрушается или не разрушается эта структура гидрофобными цепями. Дисперсионные взаимодействия, несомненно, вносящие вклад в гидрофобные взаимодействия [4], существуют всегда, вне зависимости от того, допускаем или не допускаем их существование.

Другие физические составляющие $\Delta G_{\text{II-а}}$ также могут рассматриваться в зависимости от особенности структур адсорбента и адсорбата. Например, адсорбция ПАВ, имеющего алкиларильную гидрофобную группировку, может включать взаимодействия ион (или диполь) – индуцированный диполь, возникающие в результате поляризации π -электронов ароматических колец на близком расстоянии от поверхности [4]. Показательно, что ПАВ с фторуглеродными цепями адсорбируются на фторуглерод-

ных полимерах существенно сильнее, чем их углеводородные аналоги, хотя из рассмотрения ван-дер-ваальсовых взаимодействий можно было бы предположить обратное. Такая более сильная адсорбция может быть следствием конфигурационной совместимости фторуглеродного остатка и скрученной цепи политетрафторэтилена [4].

Одной из основных причин, объясняющих адсорбцию ПАВ на сильно гидратированных поверхностях минералов, обычно оксидов, является постулированное Гоудином и Фюрстенау [10], полумицеллообразование. Эта точка зрения была развита и использована Фюрстенау [7] и другими авторами [4]. Если адсорбция проводится на поверхностях сильно гидратированных минералов, основной вклад в $\Delta G_{\text{спец}}$ вносит $\Delta G_{\text{II-Ц}}$. Эта составляющая, смысл которой объяснялся выше, возникает в результате стремления гидрофобных групп адсорбирующегося ПАВ освобождаться от водного окружения посредством образования на поверхности адсорбента двумерных агрегатов. Предполагаемое сходство между этими структурами и мицеллами в объеме и свободной энергии их образования в каждом случае объясняют, исходя из возможности образования полумицелл.

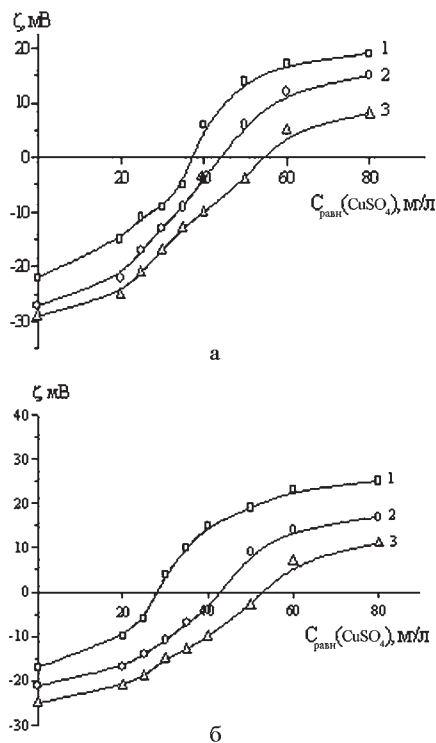


Рис.5. Зависимость электрокинетического потенциала частиц природного (а) и обогащенного (б) шунгита (35 % углерода) от концентрации медного купороса при разных рН среды: 1 – 6; 2 – 8; 3 – 10.

Типичным примером экспериментальных данных, на которых основано это утверждение, служат полученные Вакамацу и Фюрстенау [11] кривые зависимости адсорбции и ζ -потенциал от концентрации ПАВ для многократно упоминавшейся системы ДДСН — оксид алюминия. Согласно данным этих авторов, первоначальное увеличение адсорбции, которое не сопровождается изменением ζ -потенциала, указывает на простой обмен ионов ПАВ с индифферентными противоионами фонового электролита в двойном слое. При некоторой концентрации, известной как критическая концентрация образования полумицелл (ККП), адсорбция резко увеличивается вследствие образования на адсорбенте полумицелл и имеет место сопутствующее изменение ζ -потенциала, а также наблюдаются резкие изменения других свойств поверхности раздела, например, краевого угла [12] и скорости седиментации частиц оксида алюминия [4].

Проведены исследования по адсорбции медного купороса на поверхности шунгитов различной модификации (рис.4) и измерению электрокинетического потенциала поверхности природного и обогащенного шунгита в различных условиях (рис.5). Как видно из рис.4, с увеличением pH среды адсорбция, как и ожидалось, также уменьшается, вследствие образования малорастворимого гидроксида меди (II) в щелочной среде. В отличие от бутилового ксантогената натрия при адсорбции медного купороса отрицательный заряд поверхности шунгита сначала уменьшается с последующей перезарядкой величины электрокинетического потенциала (рис.5).

Список литературы

1. Бектурганов Н.С., Турысбеков Д.К., Тусупбаев Н.К. и др. О новом депрессоре углистых веществ при флотации труднообогатимых полиметаллических руд // Сб. материалов VI Конгр. обогатителей стран СНГ. — Москва, 2007. — Т. 2. — С. 167.
2. Турысбеков Д.К., Тусупбаев Н.К., Шаутонов М.Р., Амирова М.Д. Перспективное использование шунгита в обогащении труднообогатимых полиметаллических руд // Вест. КазНТУ. — 2008. — № 5. — С. 156–159.
3. Бектурганов Н.С., Баймаханов М.Т., Турысбеков Д.К. и др. Роль шунгита при обогащении Шалкинской руды // Горн. журн. Казахстана. — 2009. — № 1. — С. 17–20.
4. Парфит Г., Рочестер К. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел. — М.: Мир, 1986. — 488 с.
5. De Keizer A., Lyklema J.J. // Coll. Interface Sci. — 1980. — Vol. 75. — P. 171–183.
6. Rendall H.M., Smith A.L., Williams L.A. // J. Chem. Soc. Faraday Trans. — 1977. — Vol. 73, № 2. — P. 321–327.
7. Fuerstenau D.W., Healy T.W. In Adsorptive Bubble Separation Techniques. — New York, London: Acad. Press, 1972. — P. 91–99.
8. Healy T.W. // J. Macromol. Sci. Chem. — 1974. — Vol. A8. — P. 603–612.
9. Fuerstenau D.W. In the Chemistry of biosurfaces. — New York: Marcel Dekker, 1971. — Vol. 1. — P. 143–149.
10. Gaudin A.M., Fuerstenau D.W. // Trans. AIME. — 1955. — Vol. 202. — P. 958–973.
11. Wakamatsu T., Fuerstenau D.W. // Trans. AIME. — 1973. — Vol. 254. — P. 123–129.
12. Wakamatsu T., Fuerstenau D.W. // Adv. Chem. Ser. — 1968. — Vol. 79. — P. 161–172.

Поступила в редакцию 28.09.09

Shungite Adsorption and Electrokinetic Properties in Various Reagents Presence

Tusupbaev N.K., Kalieva R.S.,

Turysbekov D.K., Semushkina L.V., Nurahmetova G.B.

*JSC «The Center of Earth Sciences, Metallurgy
and Ore Concentration», Almaty, Kazakhstan*

The mechanism of buthyl xanthogenate (BX) and blue vitriol on natural and concentrated shungite surfaces fixation investigations are conducted by adsorption and electrokinetic potential measurement. It is displayed that pH increase reduces BX adsorption because of shungite surface hydrophilization by hydroxyl ions while shungite surface negative charge increases.

Key words: shungite, flotation agents, buthyl xanthogenate, adsorption, electrokinetic potential.

Received September 28, 2009