



- ГОСТ Р 52671-2006. Продукты пищевые. Методы идентификации и массовой доли синтетических красителей в карамели. М. : Стандартинформ, 2007. 24 с.
- ГОСТ Р 52825-2007. Продукты пищевые. Метод определения наличия синтетических красителей в пряностях. М. : Стандартинформ, 2008. 13 с.
- ГОСТ Р 31765-2012. Вина и виноматериалы. Опреде-

- ление синтетических красителей методом капиллярного электрофореза. М. : Стандартинформ, 2013. 12 с.
- Бернштейн И. Я., Каминский Ю. Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии. Л. : Химия, 1975. 232 с.
- Основы аналитической химии : в 2 т. Т. 1 / под ред. акад. РАН Ю. А. Золотова. М. : Высш. шк., 1996. 384 с.

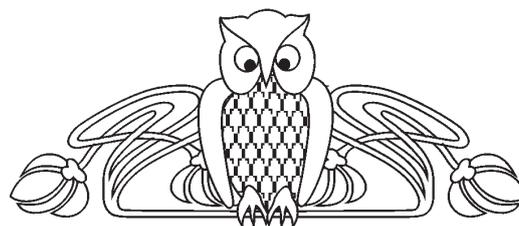
УДК 544.522.121.2:546.661:615.33

КОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КОМПЛЕКСОВ САМАРИЯ (III) В ПРИСУТСТВИИ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ТЕТРАЦИКЛИНА

Т. Д. Смирнова¹, Е. А. Желобецкая¹,
Т. Г. Данилина¹, Н. В. Неврюева²

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

²Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского
E-mail: smirnovatd@mail.ru



Показано проявление эффекта колюминесценции на системе комплексов самария (III) и гадолиния (III) в присутствии теноилтрифторацетона и 1,10-фенантролина. Увеличение интенсивности свертывательного перехода в люминесцирующем ионе комплексобразователя Sm^{3+} зависит от природы лигандов и возможности образования микро- и наночастиц в системе. Установлено, что в присутствии некоторых производных тетрациклина интенсивность колюминесценции уменьшается.

Ключевые слова: тетрациклины, колюминесценция, гадолиний, самарий, перенос энергии возбуждения.

Luminescent Properties of Samarium (III) in the Presence of Some Tetracycline Derivatives

T. D. Smirnova, E. A. Zhelobitskaya,
T. G. Danilina, N. V. Nevryueva

Manifestation system to effect luminescence complexes of samarium (III) and gadolinium (III) in the presence of thenoyltrifluoroacetone and 1,10-phenanthroline. Increased intensity supersensitivity transition in luminescent ion complexing agent depends on the nature of the ligand and the formation of micro- and nanoparticles in the system. It is found that in the presence of tetracycline derivatives sensitized fluorescence intensity decreases.

Key words: tetracyclines, columinescence, gadolinium, samarium, excitation energy transfer.

DOI: 10.18500/1816-9775-2016-16-3-253-257

Одним из перспективных методов биоанализа является люминесцентный с использованием в качестве метки хелатов редкоземельных металлов с их уникальными свойствами – значительным стоксовым сдвигом, узкими полосами возбуждения и эмиссии, длительным временем

жизни и высокой фотостабильностью. Известны многочисленные примеры флуориметрического определения антибиотиков фторхинолонового, хинолонового и тетрациклинового рядов с помощью разнолигандных хелатов европия и тербия в присутствии мицелл анионных и неионогенных ПАВ. С целью увеличения интенсивности сенсibilизированной флуоресценции лантанидов часто прибегают к эффекту колюминесценции, суть которого заключается в сочетании межмолекулярного переноса энергии возбуждения от лигандов комплекса второго лантанида к комплексу люминесцирующего РЗЭ и внутримолекулярного переноса энергии при условии более высокого расположения уровня первого возбужденного состояния второго лантанида. Формирование самоорганизующихся микро- и наноразмерных структур способствует увеличению интенсивности сенсibilизированной флуоресценции до 2–3 порядков.

Впервые эффект колюминесценции наблюдал Н. С. Полуэтов для комплексов Eu^{3+} и Sm^{3+} с теноилтрифторацетоном и 1,10-фенантролином в присутствии ионов Gd^{3+} [1]. В работах В. Л. Ермолаева и Е. Б. Свешниковой обсуждены основные закономерности колюминесценции ионов лантанидов, внедренных в наночастицы комплексов РЗЭ с β -дикетонами [2]. Эффект колюминесценции максимально проявляется в оптимальных условиях образования флуоресцирующего комплекса, в присутствии избытка сенсibilизирующих лигандов по отношению



к незначительным концентрациям флуоресцирующего иона и второго иона РЗЭ, который не дает сигнал эмиссии. Увеличение интенсивности эмиссии комплекса связано с формированием наночастиц с большей абсорбционной способностью, обеспечивающей высокоэффективный перенос энергии в системе. Значительное увеличение интенсивности люминесценции свидетельствует о подавлении процесса безызлучательной дезактивации в результате внедрения флуоресцирующего комплекса в наночастицы [3].

Практическое применение колюминесценции связано с определением ионов Eu^{3+} [4] и Sm^{3+} [5, 6]. Методики отличаются низким пределом обнаружения Eu^{3+} – $1 \cdot 10^{-13}$ М, Sm^{3+} – $8 \cdot 10^{-11}$ М [5] и $8 \cdot 10^{-12}$ М [6], а также высокой избирательностью.

В анализе биологически активных веществ колюминесценция используется не часто в связи с низкой липофильностью аналитов. Известны лишь примеры флуориметрического определения АТФ, основанные на тушении сенсibilизированной колюминесценции комплексов Eu^{3+} и Gd^{3+} с теноилтрифторацетоном и 1,10-фенантролином (триоктилфосфиноксидом) в присутствии мицелл неионогенного ПАВ [7].

Измерение колюминесценции в сочетании с регистрацией с разрешением во времени широко используется в иммуноанализе для определения концентрации ионов РЗЭ и белков.

Хелаты Sm^{3+} характеризуются спектром излучения, соответствующим переходам с одного возбужденного уровня $^4\text{G}_{5/2}$. В видимой области наблюдаются три полосы с максимумами 560, 595 и 640 нм, соответствующие переходам на основные уровни $^6\text{H}_{5/2}$, $^6\text{H}_{7/2}$, $^6\text{H}_{9/2}$ из которых последний является сверхчувствительным.

Присутствие в спектре комплексов Sm^{3+} длинноволновых полос эмиссии особенно важно для иммуноанализа в режиме *in vivo*, связанного с изучением воздействия лекарственных препаратов на организм человека. В то же время незначительная разница энергий первого возбужденного уровня иона металла и ближайшего, нижерасположенного, обеспечивает безызлучательную дезактивацию возбужденного состояния и, как следствие, менее выраженные флуоресцентные свойства его комплексов. В связи с необходимостью повысить интенсивность аналитического сигнала, целью настоящей работы явилось изучение люминесцентных и колюминесцентных свойств комплексов Sm^{3+} с теноилтрифторацетоном, 1.10-фенантролином в присутствии лекарственных препаратов – антибиотиков тетрациклинового ряда.

Экспериментальная часть

Реагенты. Все растворы реагентов готовят растворением точной навески препаратов в бидистиллированной воде. Теноилтрифторацетон (ТТА) фирмы «Fluka». Содержание основного вещества не менее 98%. Исходный раствор с концентрацией $1 \cdot 10^{-2}$ М готовят растворением точной навески в этиловом спирте. 1,10-Фенантролин солянокислый (Фен) фирмы «Сhemapol». Содержание основного вещества не менее 98%. Исходный раствор с концентрацией $1 \cdot 10^{-2}$ М готовят растворением точной навески в бидистиллированной воде.

Растворы гидрохлорида тетрациклина (ТТ), гидрохлорида окситетрациклина (ОТ), гидрохлорида доксициклина (ДЦ), гидрохлорида хлортетрациклина (ХТ), гидрохлорида метациклина (МЦ) готовят из препаратов фирмы «ICNBiomedicalsInc» с содержанием основного вещества не менее 98% растворением точных навесок в 0.1 М HCl и разбавляют до нужного объема бидистиллированной водой, рабочий раствор концентрации $1.0 \cdot 10^{-2}$ М.

Аппаратура. Спектры флуоресценции регистрировали на спектрофлуориметре LS-55 «Perkin-Elmer» с источником возбуждения – импульсной ксеноновой лампой. Ширина дифракционной щели возбуждения 10 нм, флуоресценции 5 нм. Скорость регистрации спектров 75 нм/мин. Измерения в растворе проводили в кварцевой кювете с толщиной слоя 1 см.

Результаты и их обсуждение

Известно, что в нейтральной и слабощелочной средах ионы Sm^{3+} с 1,10-фенантролином и теноилтрифторацетоном образуют разнолигандное комплексное соединение с переносом энергии возбуждения. Спектр флуоресценции комплекса Sm^{3+} с 1,10-фенантролином и теноилтрифторацетоном характеризуется высокоинтенсивной полосой с $\lambda_{\text{фл}}$ 640 нм ($\lambda_{\text{возб}} = 372$ нм), соответствующей переходу $^4\text{G}_{5/2} \rightarrow ^6\text{H}_{9/2}$. В присутствии второго иона лантанида, такого как Lu^{3+} , La^{3+} , Ce^{3+} , Dy^{3+} , Nd^{3+} , интенсивность эмиссии комплекса Sm^{3+} практически не изменяется. Введение в систему ионов Gd^{3+} и Y^{3+} сопровождается увеличением сигнала сенсibilизированной флуоресценции в 70 и 40 раз соответственно в результате проявления эффекта колюминесценции, который зависит от концентрации и соотношения компонентов системы и размеров образующихся микро- и наночастиц. В дальнейшем нами рассматривалась система $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{TТА} - \text{Фен}$, позволяющая получить максимальный сигнал флуоресценции иона Sm^{3+} .



Влияние концентрации 1,10-фенантролина. 1,10-фенантролин является бидентатным хромофорсодержащим эффективным сенсбилизатором Sm^{3+} , который в результате комплексообразования может заместить до 4 молекул воды в первой координационной сфере РЗЭ [1]. При увеличении концентрации лиганда до $5 \cdot 10^{-5}$ М наблюдается возрастание кофлуоресценции в системе $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{TТА} - \text{Фен}$ ($\lambda_{\text{фл}} = 640$ нм, $\lambda_{\text{возб}} = 372$ нм), а затем – тушение эмиссии.

В результате хелатообразования интенсивность магнитно-дипольных переходов ионов РЗЭ практически не изменяется ввиду малой чувствительности к окружению иона комплексообразователя. Магнитно-дипольные переходы $\text{Sm}^{3+} \ ^4\text{G}_{5/2} \rightarrow \ ^6\text{H}_{5/2}$, $\ ^4\text{G}_{5/2} \rightarrow \ ^6\text{H}_{7/2}$ характеризуются полосами флуоресценции 560 и 595 нм. Величину соотношения интенсивностей полос люминесценции сверхчувствительного (640 нм) и магнитно-дипольного (595 нм) переходов (η) обычно используют для характеристики изменений в спектрах люминесценции в результате образования комплексов. Соотношение зависит от природы лиганда и других факторов, определяющих эффективность переноса энергии, а также излучательные процессы иона металла.

Нами показано, что интенсивность флуоресценции в системе $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{TТА} - \text{Фен}$ зависит от концентрации Фен и при оптимальной концентрации $5 \cdot 10^{-5}$ М и соотношениях компонентов 10:1:5:5 значения параметра η составляет 1.7 (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Соотношение интенсивностей полос люминесценции ионов Sm^{3+} в растворах комплексов при различных соотношениях компонентов

Соотношения $\text{Sm}^{3+} : \text{Gd}^{3+} : \text{TТА} : \text{Фен}$	$\frac{{}^4\text{G}_{5/2} \rightarrow {}^0\text{H}_{9/2}}{{}^4\text{G}_{5/2} \rightarrow {}^0\text{H}_{7/2}}$
10 : 1 : 5 : 7	1.7
10 : 1 : 5 : 7	1.6
10 : 1 : 7 : 7	2.4
13 : 1 : 7 : 7	2.4

Влияние концентрации ионов Gd^{3+} . Изучено влияние добавок ионов Gd^{3+} на интенсивность системы $\text{Sm}^{3+} - \text{TТА} - \text{Фен}$ и величину η . В диапазоне концентраций Gd^{3+} $1.0 \cdot 10^{-7} - 7.5 \cdot 10^{-6}$ М наблюдается увеличение эмиссии, при дальнейшем возрастании концентрации происходит тушение флуоресценции. Значение η максимально при концентрации ионов Gd^{3+} $7.5 \cdot 10^{-6}$ М и соотношении компонентов $\text{Sm}^{3+} : \text{Gd}^{3+} : \text{TТА} : \text{Фен} = 10 : 1 : 5 : 7$ (см. табл. 1).

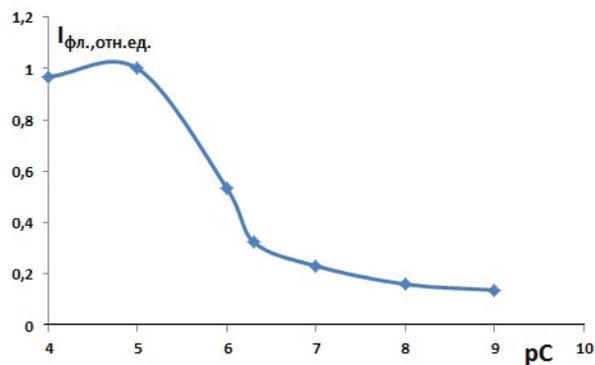


Рис. 1. Зависимость интенсивности сенсбилизированной флуоресценции системы $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{TТА} - \text{Фен}$ от концентрации ионов Sm^{3+} . $C_{\text{Gd}} = 7.5 \cdot 10^{-6}$ М, $C_{\text{TТА}} = 5.0 \cdot 10^{-5}$ М, $C_{\text{Фен}} = 5.0 \cdot 10^{-5}$ М, $\lambda_{\text{фл}} = 640$ нм, $\lambda_{\text{возб}} = 372$ нм, pH 7.0

Влияние концентрации ионов Sm^{3+} . Интенсивность сенсбилизированной флуоресценции в системе $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{TТА} - \text{Фен}$ зависит от концентрации Sm^{3+} и увеличивается в интервале от $1.0 \cdot 10^{-7}$ М до $1.0 \cdot 10^{-5}$ М, максимальна при $5.0 \cdot 10^{-5} - 1.0 \cdot 10^{-4}$ М, когда в растворе наибольшая концентрация люминесцирующего хелата. Дальнейшее увеличение концентрации иона металла сопровождается тушением эмиссии (см. табл. 1, рис. 2).

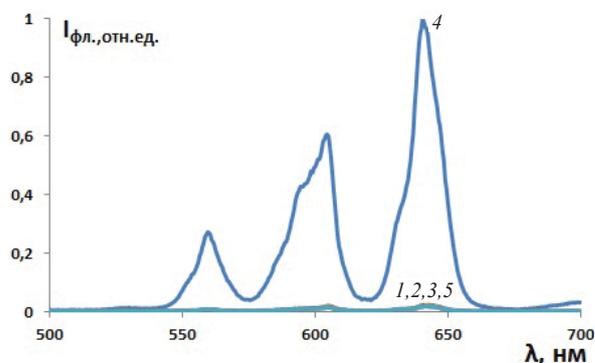


Рис. 2. Спектры флуоресценции системы $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{TТА}$ в присутствии Фен: 1 – $C_{\text{Фен}} = 1.0 \cdot 10^{-6}$ М; 2 – $5.0 \cdot 10^{-6}$ М; 3 – $1.0 \cdot 10^{-5}$ М; 4 – $5.0 \cdot 10^{-5}$ М; 5 – $1.0 \cdot 10^{-4}$ М; $C_{\text{TТА}} = 4.0 \cdot 10^{-5}$ М; $C_{\text{Sm}} = 7.5 \cdot 10^{-5}$ М; $C_{\text{Gd}} = 7.5 \cdot 10^{-6}$ М; pH 7.0

Влияние концентрации теноилтрифторацетона. В диапазоне концентраций $1 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-5}$ М ТТА система $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{TТА} - \text{Фен}$ характеризуется максимальной флуоресценцией ($\lambda_{\text{фл}} = 640$ нм, $\lambda_{\text{возб}} = 372$ нм), которая уменьшается при увеличении концентрации лиганда (рис. 3).

Соотношение интенсивностей полос, соответствующих сверхчувствительным и магнитно-дипольным переходам, увеличивается до значения 2.4 (см. табл. 1). Возрастание интенсивности



сверхчувствительного перехода и соответственно величины η , возможно, дополняется подавлением фотофизической и фотохимической дезактивации люминесцирующих ионов при формировании микро- и наночастиц [2]. Нами установлено, что в условиях максимальной эмиссии в системе присутствуют микрочастицы комплексов самария и гадолиния, размер которых составляет 200 нм. Можно предположить, что увеличение интенсивности сенсibilизированной люминесценции связано с подавлением процесса безызлучательной дезактивации флуоресцирующего центра в результате формирования наночастиц.

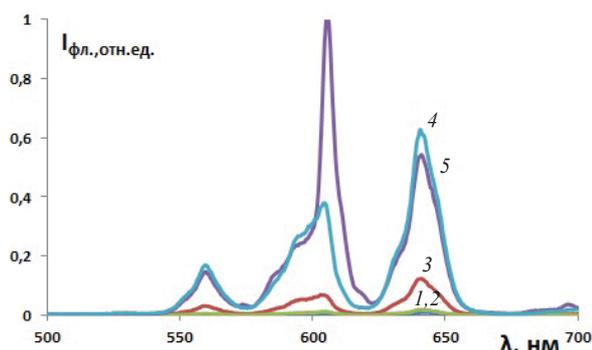


Рис. 3. Спектры флуоресценции системы $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{Фен}$ в присутствии ТТА: 1 – $C_{\text{ТТА}} = 1.0 \cdot 10^{-6} \text{M}$; 2 – $5.0 \cdot 10^{-6} \text{M}$; 3 – $1.0 \cdot 10^{-5} \text{M}$; 4 – $5.0 \cdot 10^{-5} \text{M}$; 5 – $1.0 \cdot 10^{-4} \text{M}$; $C_{\text{Фен}} = 5.0 \cdot 10^{-5} \text{M}$; $C_{\text{Sm}} = 1.0 \cdot 10^{-4} \text{M}$; $C_{\text{Gd}} = 7.5 \cdot 10^{-6} \text{M}$; pH 7.0

Влияние временной задержки снятия сигнала флуоресценции. Применяя способ регистрации колюминесценции в сочетании с разрешением во времени, можно увеличить интенсивность люминесцентного сигнала [8]. Нами установлено влияние времени задержки измерения сигнала на его интенсивность (рис. 4). Как видно из рис. 4, максимальный сигнал эмиссии наблюдается в случае задержки – 0.01 мс.

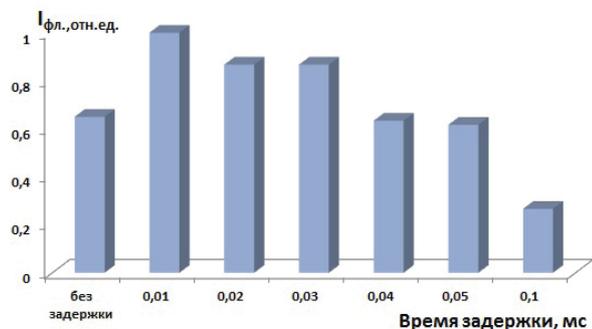


Рис. 4. Интенсивность колюминесценции систем $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{ТТА} - \text{Фен}$ в условиях различной временной задержки регистрации сигнала. $C_{\text{Фен}} = C_{\text{ТТА}} = 5.0 \cdot 10^{-5} \text{M}$; $C_{\text{Sm}} = 1.0 \cdot 10^{-4} \text{M}$; $C_{\text{Gd}} = 7.5 \cdot 10^{-6} \text{M}$; pH 7.0

Влияние тетрациклинов. Установлено, что в присутствии тетрациклина, окситетрациклина, доксициклина, хлортетрациклина, метациклина наблюдается тушение сенсibilизированной колюминесценции в системе $\text{Sm}^{3+} - (\text{Gd}^{3+}) - \text{ТТА} - \text{Фен}$. Линейные зависимости тушения флуоресценции $\Delta I_{\text{фл}}$ комплексов самария от концентрации тушителя – производных тетрациклинов позволяют предположить статический механизм процессов и возможность их использования для определения основного вещества в лекарственных препаратах антибиотиков (табл. 2).

Таблица 2

Линейная зависимость тушения колюминесценции (ΔI) системы $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{ТТА} - \text{Фен}$ от концентрации некоторых антибиотиков тетрациклинового ряда

Антибиотик	Диапазон концентраций, М	R ²	Уравнение
Метациклин	$1.0 \cdot 10^{-7} - 1.0 \cdot 10^{-5}$	0,982	$y = 33x - 155$
Хлортетрациклин	$1.0 \cdot 10^{-7} - 1.0 \cdot 10^{-5}$	0,982	$y = 27x - 127$
Доксициклин	$2.0 \cdot 10^{-7} - 1.0 \cdot 10^{-5}$	0,984	$y = 31x - 146$
Тетрациклин	$1.0 \cdot 10^{-7} - 1.0 \cdot 10^{-5}$	0,983	$y = 23x - 98$

На основании проведенных исследований установлены оптимальные условия получения максимального сигнала колюминесценции в системе $\text{Sm}^{3+} - \text{Gd}^{3+} - \text{ТТА} - \text{Фен}$. Показано, что формирование микрочастиц способствует дополнительному увеличению сенсibilизированной флуоресценции, связанной, по-видимому, с подавлением фотофизической и фотохимической дезактивации люминесцирующего центра.

Изученные системы могут быть использованы во флуориметрическом определении антибиотиков тетрациклинового ряда в лекарственных препаратах.

Список литературы

1. Полуэктов Н. С., Кононенко Л. И., Ефрюшина Н. П., Бельтюкова С. В. Спектрофотометрические и люминесцентные методы определения лантаноидов. Киев : Наук. думка, 1989. 256 с.
2. Ермолаев В. Л., Свешникова Е. Б. Колюминесценция ионов и молекул в наночастицах комплексов металлов // Успехи химии. 2012. Т. 81, № 9. С. 769–789.
3. Yang J., Zhu G., Wang H. Enhanced luminescence of the europium/terbium/thenoyltrifluoroacetone/1,10-phenanthroline/surfactant system, and its analytical application // Anal. Chim. Acta. 1987. Vol. 198. P. 287–292.
4. Sita N. M., Rao T. P., Iyer C. S. P., Damodaran A. D. Ultratrace determination of europium in high-purity lanthanum, praseodymium and dysprosium oxides by



- luminescence spectrometry // *Talanta*. 1997. Vol. 44. P. 423–426.
5. *Ci Y., Lan Z.* Fluorescence enhancement of the europium (III) – thenoyltrifluoroacetone – trioctylphosphine oxide ternary complex by gadolinium(III) and its application to the determination of europium (III) // *Analyst*. 1988. Vol. 113. P. 1453–1458.
 6. *Ci Y. X., Lan Z. H.* Fluorometric determination of samarium and gadolinium by enhancement of fluorescence of samarium–thenoyltrifluoroacetone–1,10-phenanthroline ternary complex by gadolinium // *Anal. Chem.* 1989. Vol. 61. P. 1063–1069.
 7. *Штыков С. Н., Смирнова Т. Д., Былинкин Ю. Г.* Определение АТФ по тушению флуоресценции дикетонатного хелата европия (III) в мицеллах Бридж-35 // *Журн. аналит. химии*. 2004. Т. 59, № 5. С. 495–499.
 8. *Xu Y-Y., Hemmila I. A., Lovgren. T. N.-E.* Co-fluorescence effect in time-resolved fluoroimmunoassays // *Analyst*. 1992. Vol. 117. P. 1061–1069.

УДК 544.723.212

АДСОРБЦИЯ КАТИОНОВ Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} ГРАНУЛИРОВАННЫМИ ГЛАУКОНИТОВЫМИ СОРБЕНТАМИ



А. А. Синельцев, Т. И. Губина

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.
E-mail: aleksej-sinelcev@yandex.ru

Изучены адсорбционные свойства гранулированных глауконитовых сорбентов и их модифицированных аналогов по отношению к катионам Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} и проведено их сравнение с природными необработанными образцами. Процесс осуществлялся в статическом режиме. Определена максимальная адсорбция исследуемых образцов и рассчитаны константы адсорбционного равновесия. Установлено, что наибольшей адсорбционной активностью в отношении исследуемых катионов обладают гранулированные образцы модифицированных сорбентов. Модификация проведена при последовательной термической и кислотно-солевой обработке. Лучшие результаты адсорбции получены для катионов Cd^{2+} .

Ключевые слова: адсорбция, глауконит, тяжелые металлы, изотермы, линейаризация, константа адсорбционного равновесия.

Adsorption of Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} Cations Using Granular Glaucosite Sorbents

A. A. Sineltsev, T. I. Gubina

The adsorption properties of granular glaucosite sorbents and their modified analogues against with respect to Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} cations were studied and compared with natural untreated samples. The process was carried out in a static mode. The maximum adsorption of samples and the calculated adsorption equilibrium constants were determined. It was established that modified sorbents possessed the most activity adsorption against cations in pelleted samples. Modification was carried during sequential heat and acid-salt treatment. The best results were obtained in the adsorption of Cd^{2+} cations.

Key words: adsorption, glaucosite, poison metals, isotherms, linearization, adsorption equilibrium constant.

DOI: 10.18500/1816-9775-2016-16-3-257-262

Известно, что качество воды имеет большое значение для функционирования природной среды и для здоровья человека, поэтому большое внимание уделяется разработке экологически безопасных технологий и материалов для целей водоподготовки. Наиболее простым и доступным методом очистки воды является адсорбция [1]. Степень адсорбционной очистки может достигать 99% и зависит от химической природы сорбента, величины его адсорбционной поверхности, ее доступности, а также от химического строения вещества и формы его нахождения в среде.

Перспективным является применение в водоподготовке природных сорбентов. Наиболее изучены активированный уголь, шунгит, цеолиты, вермикулит, отходы сельскохозяйственных производств, однако все они для эффективного использования требуют различных видов модификации.

В течение ряда лет нами проводятся исследования по изучению в качестве адсорбента широко распространенного в природе минерала глауконита. Он относится к группе слоистых алюмосиликатов, характеризующихся высоким содержанием катионов железа и алюминия в кристаллической решетке. Высокие адсорбционные и ионообменные свойства минерала позволяют использовать его при очистке природных и сточных вод.

Ранее нами изучена термическая и химическая модификация [2] глауконита и показано,