

Свергузова С. В., д-р техн. наук, проф.,  
Гомес М. Ж., аспирант,  
Шамиуров А. В., канд. техн. наук, доц.,  
Тарасов В. В., аспирант,  
Мухачева В. Д., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ $Ni^{2+}$ ПРИРОДНОЙ ГЛИНОЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАТЕТИ (АНГОЛА)

miguelj.gomes@hotmail.com

В работе исследован процесс сорбционной очистки воды от ионов  $Ni^{2+}$  природной глиной месторождения КАТЕТИ (Ангола). В результате проведенных экспериментов установлено, что высокая эффективность очистки модельных растворов (до 99 %) достигается в течение 40 – 60 минут от начала эксперимента при начальной концентрации ионов  $Ni^{2+} = 24 \text{ мг/дм}^3$ . В ходе исследований доказана высокая эффективность применения глины месторождения КАТЕТИ для сорбционного извлечения ионов  $Ni^{2+}$  из водных растворов, что позволит снизить антропогенные нагрузки на водные объекты.

**Ключевые слова:** вода, природная глина, адсорбция, очистка.

Вода является основой жизни нашей планеты, прежде всего, пресная вода. Несмотря на войны, население земли за XX век возросло в два раза, особенно в тех регионах планеты, где вода всегда была в дефиците. С учетом глобальных климатических изменений, истребления лесов и промышленных загрязнений вод, проблемы воды возрастают в десятки раз [1].

Беспристрастная мировая статистика сообщает нам, что на сегодняшний день более миллиарда человек в мире не имеют устойчивого доступа к чистой воде, а еще 2,4 миллиарда человек не имеют доступа к надлежащим средствам санитарии, которые все основаны на использовании воды. Все это приводит к катастрофическими последствиями. Ежегодно более 2,2 миллиона человек, главным образом в развивающихся странах, умирают от болезней, связанных с низким качеством воды. Каждый год около 6000 детей умирают от болезней, которые можно предотвратить путем улучшения санитарно-гигиенических условий. Немало и жертв заболеваний, связанных с водой: около миллиона человек умирают ежегодно от малярии и более 200 миллионов страдают от шистосоматоза, известного также под названием бильгарциоз. Тем не менее, есть возможность предупредить эти страшные потери, а также ущерб и страдания, связанные с ними [2].

Всего же в мире более 40 % населения планеты живет в районах, испытывающих среднюю или острую нехватку воды. И такое положение продолжает ухудшаться [1]. Эти цифры свидетельствуют об огромных проблемах в области водных ресурсов, а также о разительном неравенстве в области их использования.

Согласно докладу ООН, «для XXI века главные проблемы – это качество воды и управление водными ресурсами».

В Африке южнее Сахары почти 340 млн. человек лишены доступа к безопасной питьевой воде. Полмиллиарда людей в Африке не имеют адекватных очистных сооружений, далеко отставая в этом от других регионов мира.

В 2030 г. 47 % мирового населения будут жить под угрозой водного дефицита. Нехватка воды в пустынных и полупустынных регионах вызовет интенсивную миграцию населения. Ожидается, что это коснется от 24 до 700 млн. человек [3].

Одним из путей снижения дефицита воды является ее многократное использование, для чего необходимо широкое внедрение эффективных технологий очистки сточных вод.

Несмотря на широкое разнообразие методов очистки сточных вод, описанных в научной литературе, ни один из них не лишен определенных недостатков. К ним относятся затраты дефицитных реагентов, вторичное загрязнение сточных вод, дорогостоящее оборудование, сложность технологий. Анализ зарубежных и отечественных публикаций по проблеме очистки сточных вод свидетельствует о перспективности применения адсорбционных методов для очистки вод от загрязняющих веществ с использованием природных материалов или отходов различных производств [4-5].

К одним из крупнотоннажных и широкодоступных материалов относятся отходы глины, образующиеся при разработке алмазного месторождения КАТЕТИ (Ангола).

Согласно проведенным нами исследованиям, в состав глины входят такие минералы, как

иллит, галлуазит, мусковит, монтмориллонит, диксит и др. (рис. 1), благодаря наличию кото-

рых глина должна иметь предположительно высокие сорбционные свойства.

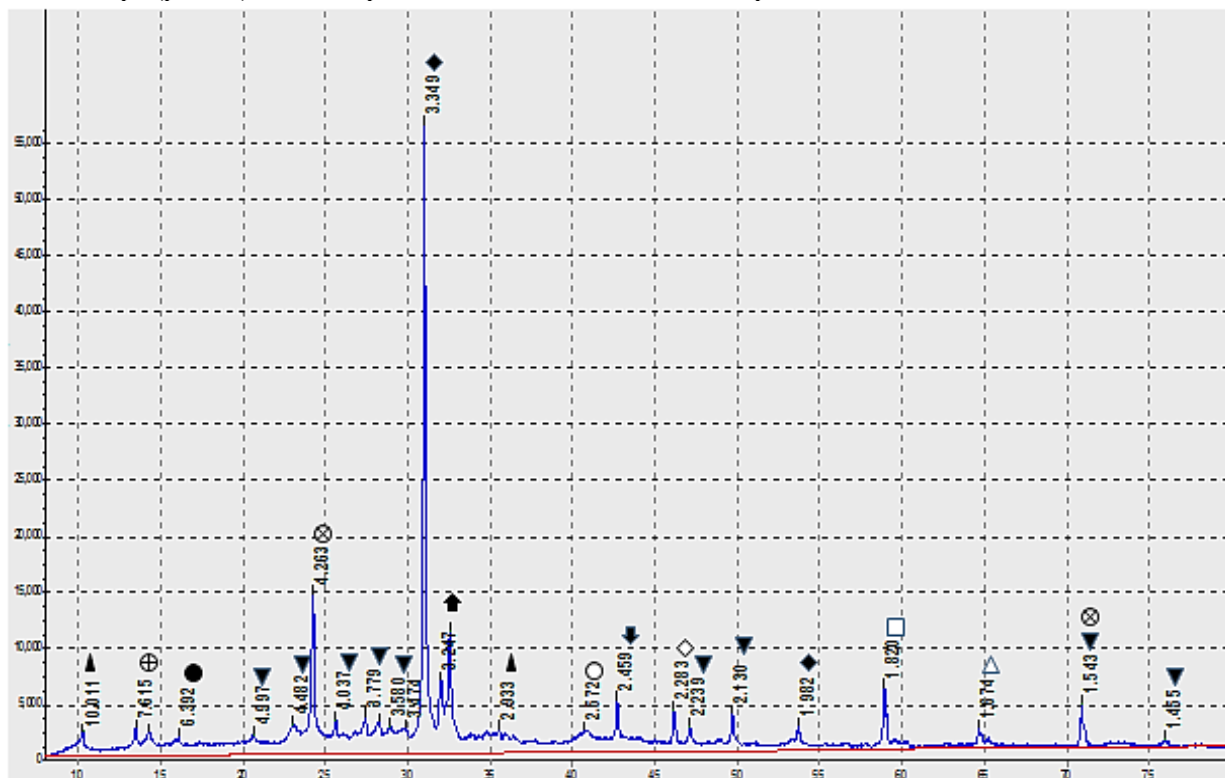


Рис. 1. Рентгенограмма глины месторождение КАТЕТИ:

▲ -накрит, ⊕ - нонтронит, ● - диксит, ▼ - каолинит, ◆ - фатерит, ⬆ - кварц, ⊗ - гидрат глинозема, ○ - ортоклаз, ◇ - монтмориллонит, □ - гидраргиллит, △ - монотермит, ⚡ - галлуазит.

Глина данного месторождения использовалась нами в качестве сорбента для очистки модельных растворов от ионов  $Ni^{2+}$  с концентрацией  $24 \text{ мг/дм}^3$ .

Концентрацию ионов никеля в растворе до и после очистки определяли фотокolorиметрическим методом при длине волны  $\lambda = 445 \text{ нм}$  с синим светофильтром. Процесс адсорбции исследовали в статическом режиме.

В экспериментах использовалась глина с размером частиц от  $0,25$  до  $0,63 \text{ мм}$ .

Активность глины как адсорбента рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{C_0 - C_p}{m} \cdot V$$

где  $C_0$  – исходная концентрация адсорбтива,  $\text{моль/дм}^3$ ;  $C_p$  – равновесная концентрация адсорбтива,  $\text{моль/дм}^3$ ;  $V$  – объем раствора адсорбтива,  $\text{дм}^3$ ;  $m$  – масса адсорбента, г;  $A$  – активность адсорбента,  $\text{моль/г}$ .

При изучении процесса адсорбции ионов  $Ni^{2+}$  из раствора в экспериментах устанавливали изменения концентрации исследуемых ионов в растворе до и после очистки.

Навеску адсорбента массой от  $1,0$  до  $5,0 \text{ г}$  прибавляли к  $100 \text{ мл}$  модельного раствора, через определенные промежутки времени (от  $1$  до  $24$

часов) отбирали пробы фильтрата и определяли остаточную концентрацию ионов  $Ni^{2+}$  в растворе. По полученным результатам строили изотерму адсорбции (рис. 2), которые по форме соответствуют изотерме Лэнгмюра [6].

Сорбция нарастает на начальном участке изотермы до определенного максимального значения, что свидетельствует о формировании адсорбционного слоя на поверхности глиняных частиц. Затем кривая постепенно становится параллельной оси абсцисс, что свидетельствует о формировании монослоя адсорбируемого вещества на сорбционной поверхности, когда все активные центры заняты. Изотерма, согласно теории БЭТ, соответствует I типу.

Выпуклый участок изотермы адсорбции (рис. 2) указывает на наличие в глине микропор [7].

Уравнение Лэнгмюра, характеризующее ход изотермы, можно представить в виде:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{C_p} \cdot \frac{1}{A_m \cdot K_L} + \frac{1}{A_m}$$

где  $A$  – адсорбционная способность сорбента;  $C_p$  – равновесная концентрация вещества в пределе;  $A_m$  – адсорбционная емкость насыщенного монослоя;  $K_L$  – константа Лэнгмюра.

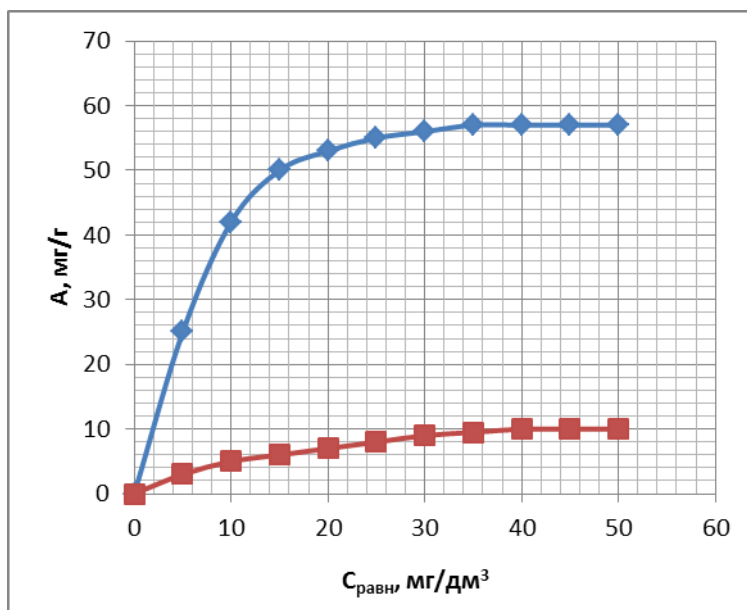


Рис. 2. Изотерма адсорбции и десорбции ионов Ni<sup>2+</sup> на глине КАТЕТИ, фракция от 0,25 до 0,63мм  
 —♦— адсорбции —■— десорбции

Данное уравнение описывает ход экспериментальной изотермы при всех возможных значениях равновесных концентраций растворенного вещества.

Для расчета коэффициента  $K_L$  в уравнении Лэнгмюра строили график зависимости (рис. 3).

$$\frac{1}{A} = f\left(\frac{1}{C_p}\right)$$

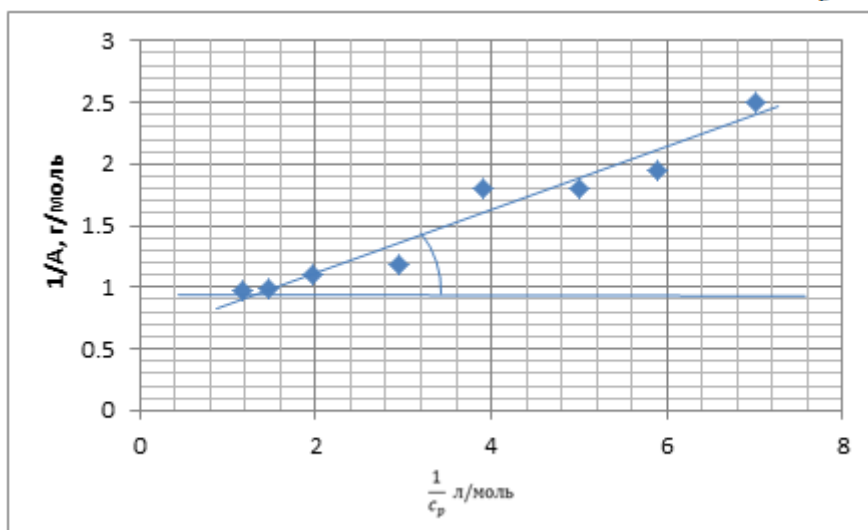


Рис. 3. Определение константы в уравнении Лэнгмюра

Согласно проведенным расчетам

$$tg\alpha = 0,1265.$$

$$tg\alpha = \frac{1}{A_m \cdot K_L} = 0,1265$$

тогда

$$K_L = \frac{1}{tg\alpha \cdot A_m}$$

В нашем случае  $A_m = 0,98$  моль/г

$$K_L = \frac{1}{0,1265 \cdot 0,98} = 8,066$$

Согласно полученным данным, адсорбция ионов Ni<sup>2+</sup> на глине месторождения Катети описывается уравнением:

$$A = \frac{C \cdot 0,98 \cdot 8,066}{1 + 8,066 \cdot C} = \frac{C \cdot 7,904}{1 + 8,066 \cdot C}$$

Для построения изотермы десорбции глину с адсорбированными на ней ионами Ni<sup>2+</sup> отделяли от раствора фильтрованием, помещали в дистиллированную воду для десорбции ионов Ni<sup>2+</sup>. После 2-х часового перемешивания в растворе определяли концентрацию перешедших в раствор ионов Ni<sup>2+</sup>, фотоколориметрическим методом.

Положение изотермы десорбции на графике (рис. 2) свидетельствует о механизме адсорбции, близком к химическому. Так, как близость изотермы десорбции к оси абсцисс свидетельствует о том, что процесс не является чисто физической адсорбцией. Однако, в то же время изотерма десорбции находится на некотором удалении от оси абсцисс. Поэтому процесс адсорбции ионов  $Ni^{2+}$  на поверхности глины КАТЕТИ можно предварительно классифицировать как адсорбцию, обусловленную специфическими силами: ориентационными, дисперсионными или индукционными.

В результате проведенных экспериментов установлено, что высокая эффективность очистки модельных растворов (до 99%) достигается в течение 40 – 60 минут от начала эксперимента при начальной концентрации ионов  $Ni^{2+} = 24$  мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, в ходе исследований доказана высокая эффективность применения глины месторождения КАТЕТИ в качестве сорбента для сорбционного извлечения ионов  $Ni^{2+}$  из водных растворов и снизить антропогенную нагрузку водные системы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кошкин В.И., Страхов В.В. Вода как фундаментальная основа устойчивого развития. // Охрана окружающей среды и природопользование. 2008. №3. С. 2-17.
2. World Water development Report.- the United Nations World water development report A joint report by the twenty three UN agencies concerned with freshwater UNESCO. Publishing BERGHAN BOOKS in 2003 jointly by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), and Berghahn Books.- UNESCO Publishing: [Htt://upo.unesco.org/](http://upo.unesco.org/); Berghahn Books: [www.berghahnbooks.com](http://www.berghahnbooks.com)
3. <http://rio.ru/documentis/20100322/215718166.html>
4. Ельников Д.А., Свергузова Ж.А., Свергузова С.В. О возможности использования отхода сахарной промышленности для очистки сточных вод // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 128-133.
5. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники / М.: Химия, 1976. 511 с.
6. Куликов Н.И. Теоретические основы очистки воды: учебное пособие / Н. И. Куликов, А. Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев. – Донецк: изд-во «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2009. – 298 с.
7. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды, Ленинград "Химия" - 1982. 168 с.