



## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА АКТИВАЦИИ ГЛИН ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ<sup>1</sup>

**С.Н. Дудина**

*Белгородский государственный  
национальный  
исследовательский  
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы 85*

*E-mail: dudina@bsu.edu.ru*

Одним из наиболее перспективных направлений в очистке сточных вод является использование природных минералов в качестве сорбентов. Поскольку глины с низким содержанием глинистой составляющей наиболее распространены в природе, то возможность использования глин с переменным составом находится в центре нашего внимания. Использование электромагнитной активации природных глин для повышения сорбционной активности в отношении ионов тяжелых металлов и ее механизм показаны в статье.

Ключевые слова: глины, тяжелые металлы, сорбция, активация.

### Введение

Постоянное увеличение объемов сточных вод (СВ) обусловленное ростом хозяйственной деятельности, развитием промышленности, сельского хозяйства и транспорта, создает повышенную потенциальную опасность для окружающей среды. В последние годы во много раз возросла антропогенная и техногенная нагрузка на водные объекты. Одним из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды являются ионы тяжелых металлов (ИТМ). Последние обладают свойствами токсикантов кумулятивного и аддитивного характера, способных оказывать мутагенное и канцерогенное действие на живые организмы. Основными источниками загрязнения природных вод ТМ являются СВ гальванических цехов, предприятия горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии, машиностроительные заводы.

Известные способы очистки СВ от ИТМ основаны на коллоидно-химических процессах флокуляции, адсорбции, соосаждения и т.д. В то же время большинство из них являются дорогостоящими, сложными в исполнении, ориентируются на импортное оборудование и дефицитные реагенты. В связи с этим особый интерес представляют недорогие и эффективные способы очистки СВ, основанные на использовании отходов промышленности, местного сырья и минералов в качестве сорбентов.

Из природных минералов для водоочистки широко используют глины бентонитовые, монтмориллонитовые, клиноптиллолитовые и др. Повышения сорбционной емкости обычных природных глин, являющихся доступным и широко распространенным материалом, можно достичь путем их активации электромагнитным излучением [1-2].

Исследовано воздействие электромагнитных полей (ИК- и УФ- обработка) на сорбционную способность глин. При этом установлено, что ИК – активация позволяет увеличить ее в 1.4-1.8 раз, а УФ-активация в 1.8-2.7 раз. Следует отметить, что наименьший эффект активации зафиксирован при обработке каолиновой глины и составил 1.4 раза при ИК-активации и 1.8 раз при УФ-активации [2].

Для оценки механизма активации разных видов обработки на изменение сорбционной емкости глин, использовали РФА (рис. 1), кондуктометрический, электрокинетический методы изучения глин до и после обработки.

Полученные данные показывают, что параметры кристаллической решетки остаются без изменения, фракционный состав (рис. 2), определенный на лазерном анализаторе Zetasizer Nano ZC (Malvern Instruments) и удельная поверхность, определенная на автоматический анализатор удельной площади поверхности и пористости TriStar II 3020 также практически не изменились. Это свидетельствует о том, что измене-

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы

ние сорбционной емкости при воздействии ИК- и УФ- излучения обусловлено изменениями в поверхностном слое и межслоевом пространстве глинистых минералов.

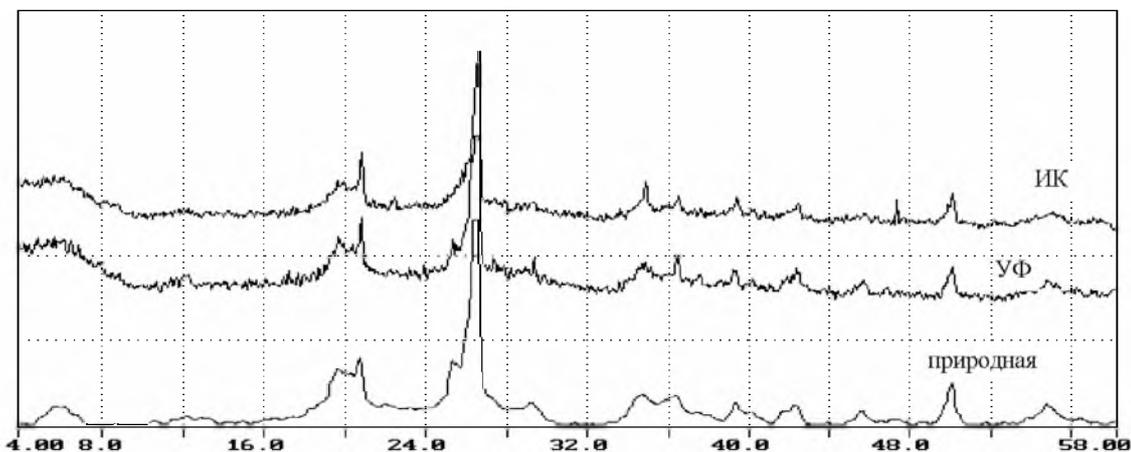


Рис. 1. Рентгенограмма сравнения УФ, ИК-обработанных и природных глин

Таблица 1

**Фракционный состав природных и активированных глин**

| Массовая доля, % | D, мкм |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|------------------|--------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
|                  | <5     | <10  | <20  | <50  | <80 | <100 | <150 | <200 | <400 | <600 |
| Природная        | 30.2   | 20.3 | 21.4 | 13.2 | 6.4 | 2.7  | 3.4  | 1.3  | 1.1  | -    |
| Уф-обработ       | 32.8   | 21.7 | 21.3 | 12.1 | 5.6 | 2.2  | 2.6  | 0.9  | 0.8  | -    |
| ИК-обработ       | 30.8   | 21.7 | 22.3 | 13.1 | 5.6 | 2.2  | 2.6  | 0.9  | 0.8  | -    |

ИК- и УФ- активация оказывает влияние на различные формы связанной воды в глинистых минералах. Изучение зависимости потери массы образцами при ИК- активации показывает (рис.2), что в ходе обработки образцов глин ИК- излучением происходит снижение массы всех бентонитовых образцов до 10%, каолинитовой глины – 5% . Такое изменение массы может быть объяснено переходом связанной воды в паробразное состояние и удалением из структуры кристалла. Вероятность более глубоких изменений структуры минералов невелика, так как не происходит изменения минералогического и фракционного состава образцов.

Подтверждением возможности протекания этих процессов являются ИК- спектры природных и активированных глин (рис. 3). Прямым спектральным критерием дегидратации является уменьшение интенсивности в спектре полосы поглощения деформационных колебаний молекул воды с частотой 1600-1645 см<sup>-1</sup>. Снижение интенсивности полосы поглощения в области 3750-4000см<sup>-1</sup> говорит о снижении количества свободной физически сорбированной воды, а в области 3240-3500см<sup>-1</sup> – об уменьшении количества полимолекулярно-сорбированной и капиллярно конденсированной воды.

В случае ИК-активации наблюдается увеличение интенсивности полосы поглощения с частотой 600-650см<sup>-1</sup> и 820-870см<sup>-1</sup>, что говорит об увеличении на поверхности минералов количества свободных ОН-групп. При УФ-активации в этой области спектра фиксируется уменьшение количества гидроксильных групп в ходе регидроксилирования поверхности с образованием силоксановых мостиков. Протекание таких процессов в глинистых минералах при ИК- и УФ-активации увеличивает их обменную емкость, что подтверждается увеличением эффективности очистки СВ от ИТМ.

Различия в результатах воздействия ИК- и УФ-излучения подтверждаются так же результатами по определению степени вымывания ионов щелочных и щелочноземельных металлов из кристаллической решетки глинистых минералов. Так, если содержание этих металлов в фильтрате после ИК-активации практически не изменяется, то после УФ-обработки их содержание в фильтрате ощутимо увеличивается (табл. 2), что



свидетельствует о значительно большем ослаблении связей этих катионов с кристаллической решеткой.

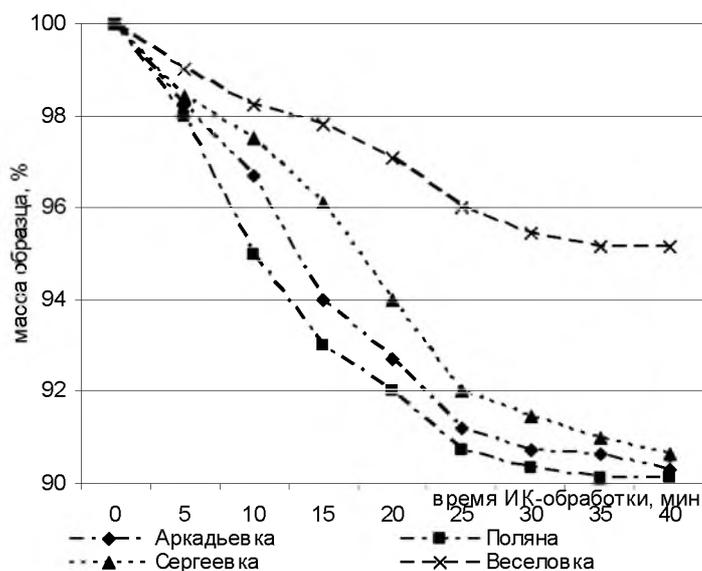


Рис. 2. Потеря массы образцов глин при ИК- активации

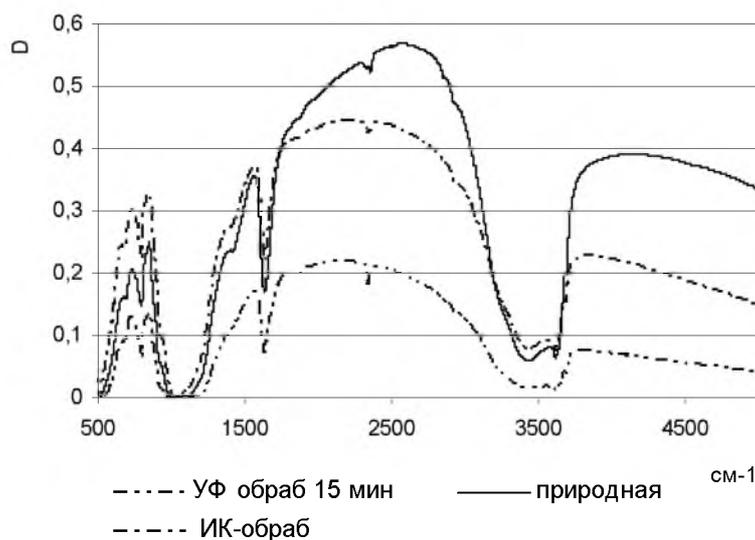


Рис. 3. ИК-спектр природной и активированных глин

Таблица 2

### Катионный состав фильтрата

| Катионы<br>мг/л | Образец глины |         |           |        |           |        |
|-----------------|---------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|
|                 | Аркадьевка    |         | Сергеевка |        | Поляна    |        |
|                 | Природная     | УФ-обр. | Природная | УФ-обр | Природная | УФ-обр |
| Натрий          | 1.50          | 1.85    | 1.26      | 1.95   | 1.10      | 1.78   |
| Калий           | 0.21          | 0.24    | 0.23      | 0.46   | 0.23      | 0.44   |
| Кальций         | 0.49          | 0.59    | 1.48      | 2.47   | 5.43      | 5.53   |
| Магний          | 0.12          | 0.17    | 0.78      | 0.85   | 0.78      | 0.93   |
| Алюминий        | ≤0.04         | ≤0.04   | ≤0.04     | ≤0.04  | ≤0.04     | ≤0.04  |

Отмеченное изменение состава и структуры межслоевой дисперсионной среды должно приводить к изменению электроповерхностных свойств. Как показали исследования электрокинетического ( $\xi$ -) потенциала, при ИК- и УФ-обработке,  $\xi$ -потенциал смещается в отрицательную область (рис. 4).

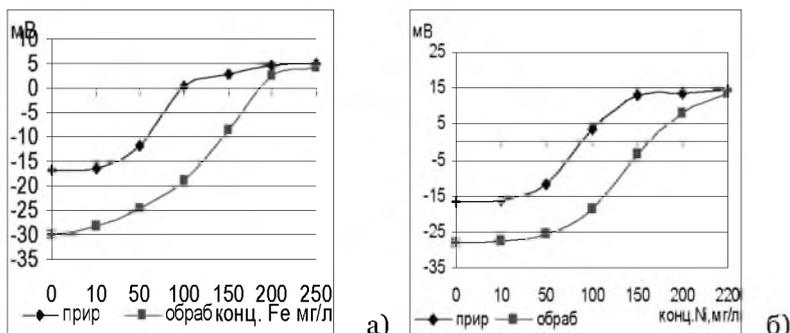


Рис. 4. Зависимость  $\xi$ -потенциала от концентрации ИТМ: а) железо; б) никель

Как видно из характера зависимости  $\xi$ -потенциала от концентраций ИТМ выход на насыщение для УФ-обработанных глин наблюдается в области 230-250 мг/л, что соответствует образованию насыщенного мономолекулярного слоя по данным изотерм адсорбции. Аналогичная закономерность наблюдается для изменения  $\xi$  – потенциала при концентрации никеля 70-80 мг/л для природных и 150-180 мг/л – для активированных глин. В ходе сорбции ИТМ наблюдается перезарядка поверхности глинистых частиц. Изоэлектрические точки зафиксированы при следующих концентрациях ИТМ:  $[Fe^{3+}] = 99$  мг/л (природная) и 179 мг/л (обработанная) (рис. 4 а);  $[Ni^{2+}] = 86$  мг/л (природная) и 169 мг/л (обработанная) (рис. 4 б).

Следует отметить, что конечное значение  $\xi$ -потенциала при формировании мономолекулярного адсорбционного слоя имеет одинаковое значение как для природных так и для обработанных глин.

Таким образом в ходе изучения механизма активации глин электромагнитным излучением установлено, что по сравнению с нативными образцами ИК- и УФ-активация уменьшает содержание свободно связанной воды в структуре глинистых минералов. В то же время ИК-активация уменьшает долю капиллярно-связанной воды и увеличивает количество свободных ОН-групп на поверхности минералов. УФ-активация значительно снижает как количество капиллярно-связанной воды, так и количество свободных ОН- групп на поверхности. Показано, что УФ-обработка приводит к ослаблению связи обменных катионов с кристаллической решеткой глин, в результате чего ощутимо увеличивается вымывание щелочных и щелочноземельных металлов. Выявлено, что изменение структуры и состава межслоевой дисперсионной среды приводит к смещению электрокинетического потенциала в отрицательную. В ходе сорбции ИТМ наблюдается перезарядка поверхности глинистых частиц.

### Список литературы

1. Гладких Ю.П., Ядыкина В.В., Завражина В.И./Влияние Уф-облучения на физико-химическую активность кварцевого песка и процессы формирования цементно-песчаного бетона // Коллоидный журнал. – 1989. – Т. 51, №3. - С. 445-450.
2. Дудина С.Н. Сорбция из растворов ионов  $Fe^{3+}$  и  $Ni^{2+}$  природными и активированными глинами // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. – 2010. – № 9 (80). – Вып. 11. – С. 131-136.

## INVESTIGATION OF THE MECHANISM OF ACTIVATION OF CLAY BY ELECTROMAGNETIC EFFECTS

**S.N. Dudina**

*Belgorod State University*

*Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail: dudina@bsu.edu.ru*

One of the most perspective trends of sewage waters purification is the usage of natural minerals as sorbents. As clays with a low content of minerals are the most frequently found in nature, the possibility of using clays with a variable content is in the focus of our attention. Using an electromagnetic activation of natural clays and its mechanism are shown in the article.

Key words: clay, heavy metals, sorption, activation.