

ЛИТЕРАТУРА

1. Безрукова Т. Л. Экономическая эффективность использования вторичного сырья лесной промышленности / Т. Л. Безрукова, И. И. Шанин, В. В. Травникова // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1 (часть 3) – С. 492–495.
2. Вахнина Т. Н. Совершенствование состава и процессов структурообразования древесно-стружечных композитов строительного назначения : дисс. ... канд. техн. наук / Т. Н. Вахнина. – Иваново : ИГАСУ, 2009. – 146 с.
3. Волынский В. Н. Технология стружечных и волокнистых плит / В. Н. Волынский. – Таллинн : Дезидерата, 2004. – 192 с.
4. Инвестиционный портал Костромской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://investkostroma.ru/promyshlennost/struktura-promyshlennosti-kostromskoy-oblasti> (дата обращения 22.01)
5. Кордовская Л. А. Оценка пожарной безопасности полимерных материалов для пассажирского вагостроения : дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1989. – 244 с.
6. Леонович А. А. Теория и практика изготовления огнезащищенных древесных плит / А. А. Леонович. – Л. : Изд. ЛГУ, 1978. – 176 с.
7. Производство фанеры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0a65625b2bc78b4c43a89421306c37_1.html. (Дата обращения 15.05.2018)
8. Сивенков А. Б. Снижение пожарной опасности материалов на основе целлюлозы : дисс. ... канд. техн. наук / А. Б. Сивенков. – М., 2002. – 172 с.
9. Шелоумов А. В. Технология экологически доброкачественных огнезащищенных древесных плит с использованием фосфор- и алюминийсодержащих связующих [Электронный ресурс] / А. В. Шелоумов – Режим доступа: <http://www.dslib.net/les-technology/tehnologija-jekologicheski-dobrokachestvennyh-ognezawiwennyh-drevesnyh-plit-s.html> (дата обращения 11.11.2018).

УДК 628.113

ПРОЦЕСС КИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

Куличик Дмитрий Михайлович, аспирант, *Белорусский государственный технологический университет, Республика Беларусь, г. Минск, dima.kulichik@gmail.com*

Романовский Валентин Иванович, кандидат технических наук, *Белорусский государственный технологический университет, Республика Беларусь, г. Минск, V.Romanovski@yandex.ru*

Романовская Елена Владимировна, кандидат химических наук, *Белорусский государственный технологический университет, Республика Беларусь, г. Минск, helb@yandex.ru*

Красковский Станислав Владимирович, кандидат технических наук, доцент, *Белорусский государственный технологический университет, Республика Беларусь, г. Минск, kstasw@mail.ru*

В статье рассмотрены физико-химические свойства железосодержащих отходов станций обезжелезивания, представлены результаты кислотного выщелачивания железа из них при изменении таких факторов, как концентрация кислоты и время выщелачивания, на основании которых было проведено моделирование процесса выщелачивания. Рассмотрены направления использования полученного прекурсора.

Ключевые слова: железосодержащий осадок, выщелачивание, моделирование процесса, вторичные материальные ресурсы.

ACID LEACHING OF IRON FROM IRON-CONTAINING SLUDGE OF IRON REMOVAL STATIONS

Kulichy D. M., Ramanouski V. I., Romanovskaia E. V., Kraskovski S. V.

The article considers the physicochemical properties of iron-containing waste from iron removal stations, presents the results of acid leaching of iron from them changing such factors as acid concentration and leaching time, on the basis of which the leaching process was simulated. The directions of use of the obtained precursor are described.

Keywords: iron-containing waste, leaching, modeling process, secondary material resources.

Введение. При очистке промывных вод на станциях обезжелезивания образуются железосодержащие осадки, которые в настоящее время хранятся либо вывозятся на захоронение, несмотря на то, что разработаны некоторые направления их переработки. С каждым годом количество накопившихся железосодержащих осадков увеличивается, что приводит к изъятию земель, усугублению экологической обстановки и нерациональному использованию природных ресурсов. Данные осадки характеризуются достаточно постоянным качественным составом с преимущественным содержанием железа, что определяет возможность их полезного использования. В то же время в Республике Беларусь данные осадки сбрасываются в канализационные сети и поверхностные водные объекты либо выводятся на полигоны или шламовые накопители.

В качестве выщелачивающего агента в работе выбрана азотная кислота, так как ее соли обладают достаточно хорошей растворимостью и могут быть использованы в качестве прекурсоров при синтезе наноразмерных железосодержащих материалов различного функционального назначения [1–3].

Материалы и методы исследования. Морфологию и состав осадков станций обезжелезивания определяли методом сканирующей электронной микроскопии с блоком элементного анализа. Фазовый состав осадков определяли рентгенофазовым анализом. Выщелачивание железа из отходов проводили при следующих параметрах: концентрация кислоты 15–30 мин, время выщелачивания 5–30 мин. Исследуемые концентрации выбирали из диапазона 15–30 %, т. к. выше 30 % процесс происходит медленнее из-за ограниченности растворения нитрата железа, а концентрация ниже 15 % является нерациональной, из-за большого разбавления фильтрата. Перемешивание проводилось на механической лабораторной мешалке при 100 об./мин.

Результаты исследований. Элементный анализ отходов станций обезжелезивания показал, что содержание железа в них находится в диапазоне 45–60 %. Низкое содержание железа часто объясняется поступлением песка внутрь водозаборных скважин, что уменьшает содержание железа в конечном осадке. В некоторых образцах обнаружено повышенное содержание кальция, что объясняется контактом подземных вод с карбонатными породами.

Пример рентгенограммы железосодержащего осадка представлен на рисунке 1.

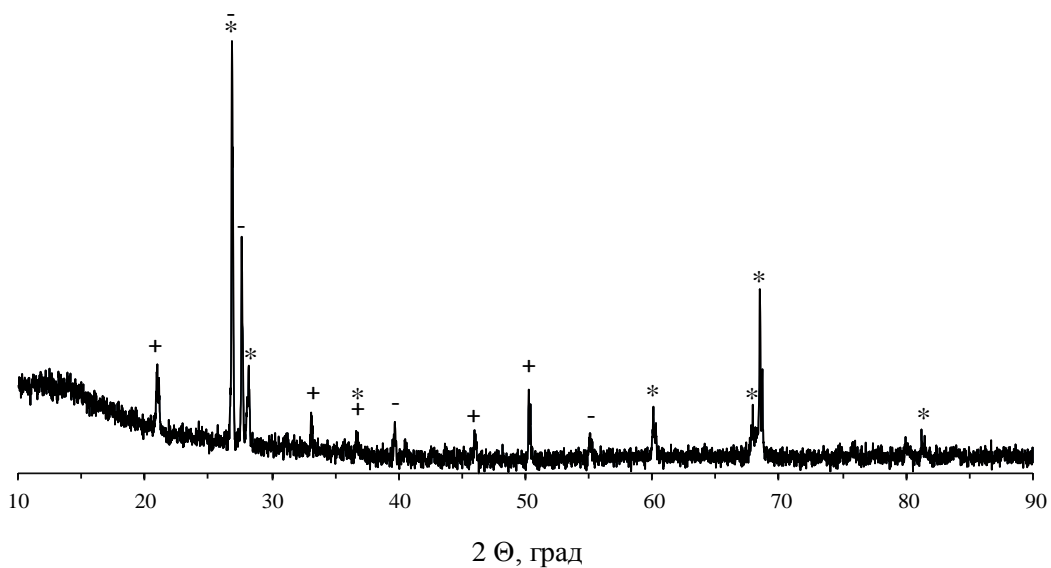
Рентгенофазовый анализ полученного осадка (рисунок 1) показал, что железо представлено в виде различных кристаллических структур: гоэтит $\text{Fe}_4\text{O}_8\text{H}_2$ – 8,4 %, метагидроксид железа $\text{Fe}_2\text{O}_4\text{H}_2$ – 48,5 %, лепидокрокит $\text{Fe}_4\text{O}_8\text{H}_4$ – 41 %. Исходя из морфологии представленного осадка обезжелезивания и элементного состава можно сделать вывод, что осадок обезжелезивания представляет собой крупные частицы оксида кремния размером около 0,1 мм и аморфный метагидроксид железа FeOOH .

Влажность осадков обезжелезивания, хранящихся на шламохранилищах, составляет от 60 до 80 %, влажность воздушно-сухого осадка составила 5,5 % (при температуре 20 °С).

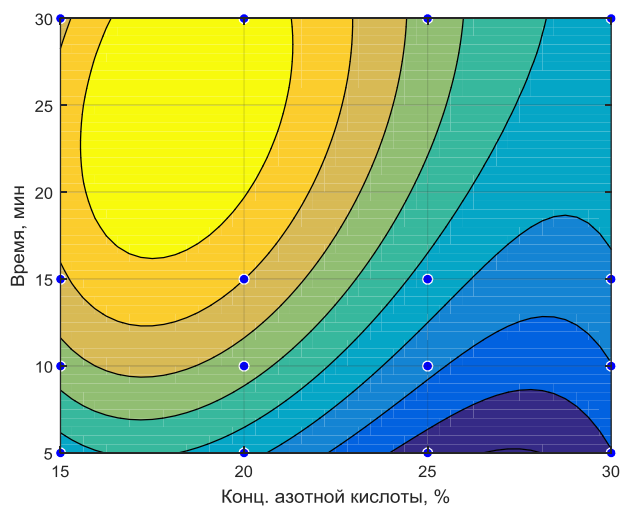
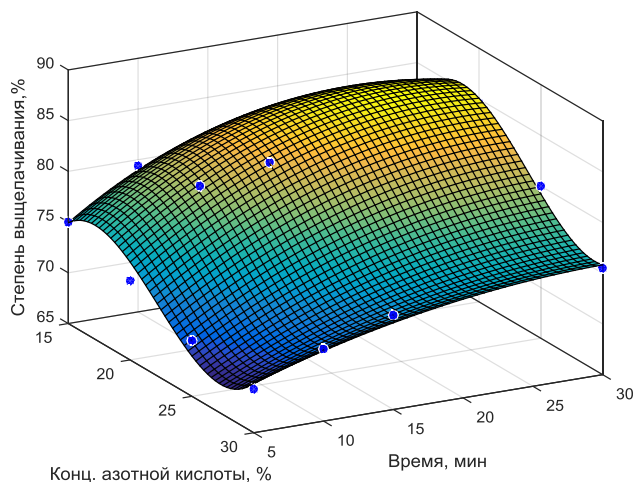
На рисунке 2 приведены результаты моделирования процесса выщелачивания на основе полученных экспериментальных данных при механическом перемешивании. На основе полученных экспериментальных данных было построено уравнение регрессии, позволяющее определить потерю массы железосодержащего осадка (P , %) при выщелачивании в зависимости от времени выщелачивания (T , мин) и концентрации азотной кислоты. Уравнение построено для следующего интервала значений: $T = 0$ –30 мин, $C = 15$ –30 %.

$$P = 97,16 - 3,24 \cdot C - 2,974 \cdot T + 0,07457 \cdot C^2 + 0,4024 \cdot C \cdot T - 0,02729 \cdot T^2 - 0,0001667 \cdot C^3 - 0,009371 \cdot C^2 \cdot T + 0,0004736 \cdot C \cdot T^2.$$

где C – концентрация азотной кислоты, %_{масс}; T – время выщелачивания, мин.



+ – гоэтит; - - мегагроксид железа; * – лепидокрит.
Рисунок 1 – Рентгенограмма железосодержащего осадка



а) б)
Рисунок 2 – Результаты моделирования процесса выщелачивания при механическом перемешивании

Значение коэффициента детерминации модели составляет 0,953, что является показателем высокой степени аппроксимации модели с экспериментальными данными и свидетельствует о сильной положительной связи, которая близка к функциональной.

Выводы. Из полученных данных видно, что при изменении концентрации кислоты с 30 % до 20 % происходит увеличение степени выщелачивания, однако при дальнейшем снижении концентрации кислоты до 15 % происходит уменьшение степени выщелачивания. Это может быть связано с тем, что изначально при уменьшении концентрации происходит увеличение объема воды, что позволяет раствориться большему количеству нитрата железа, и при концентрации кислоты около 20 % достигается максимум растворения.

По изолиниям полученной модели (рисунок 2, б) видно, что максимальная степень выщелачивания достигается при концентрации азотной кислоты 16–21 % и времени обработки 16–30 мин.

Полученный прекурсор железа может быть использован при получении наноразмерных соединений железа различного функционального назначения, например: железосодержащих фотокатализаторов и каталитических материалов органического синтеза, магнитных сорбентов, железосодержащих покрытий различных материалов и др.

ЛИТЕРАТУРА

1 Romanovskii V. I. One-step synthesis of polymetallic nanoparticles in air environment / V. I. Romanovskiy et al. // *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. – V. 61. – N 9–10. – P. 43–48.

2 Romanovskii V. I. Modified Anthracites for Deironing of Underground Water / V. I. Romanovskii, A. A. Khort // *Journal of Water Chemistry and Technology*, 2017. – Vol. 39. – Issue 5. – P. 299–304.

3 Романовский В. И. Получение каталитических материалов для водоподготовки и очистки сточных вод из отходов станций обезжелезивания / В. И. Романовский, Д. М. Куличик, П. А. Клебеко, Е. В. Крышилович // *Вода magazine*. – 2017. – № 6(118). – С. 12–15.

УДК 351.77:614.3(476)

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОПРОСОВ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Карпук Лариса Ивановна, ведущий специалист научно-организационного отдела РУП «Научно-практический центр гигиены», Республика Беларусь, г. Минск, *larisa.karpuk@bk.ru*

Спургияш Александр Чеславович, и. о. заведующего отделением коммунальной гигиены ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», Республика Беларусь, Минск, *okg@rcherph.by*

Важность и актуальность в современном обществе проблемы негативного влияния отходов производства и потребления на окружающую среду и состояние здоровья населения связаны с их образованием, складированием и утилизацией.

Ключевые слова отходы, почва, загрязнение окружающей среды.

HYGIENIC ASPECTS OF WASTE MANAGEMENT IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Karpuk L. I., Spurgyash A. Ch.

The importance and relevance in modern society of the problem of the negative impact of production and consumption waste on the environment and public health are associated with their formation, storage and disposal.

Keywords: waste, soil, environmental pollution.

Вопросы эффективного управления отходами и предотвращение их влияния на состояние окружающей среды и здоровье населения не теряют своей актуальности. По данным Всемирной организации здравоохранения загрязнение окружающей среды является одним