

сепаратора 10 газы отдают свой холод насадке регенератора 7, из которого отводятся с параметрами, близкими к параметрам окружающей среды. Газы на 95 – 97 % состоят из азота, поэтому могут быть использованы в качестве технического азота. Установка может комплектоваться ожижительной приставкой 12, позволяющей производить диоксид углерода в сжиженном состоянии.

Таким образом, предложенная технологическая обработка отходящих газов печных агрегатов для обжига извести является по существу безотходной.

#### **Библиографический список**

1. Обзор рынка извести. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://cmpro.ru/rus/catalog/izvest/\\_analitika/Bulleten\\_\\_po\\_Izvesti\\_Obzor\\_rinka\\_i\\_zvesti\\_v\\_RF\\_v\\_dekabre\\_2018\\_goda.html](https://cmpro.ru/rus/catalog/izvest/_analitika/Bulleten__po_Izvesti_Obzor_rinka_i_zvesti_v_RF_v_dekabre_2018_goda.html)
2. Известь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://statinformation.ru/prom/lime.html>
3. Ятров С.Н. Энергосберегающие технологии в СССР и за рубежом. - М.: Энергосбережение. - 1991. - 283 с.
4. Табунщиков А. П. Производство извести. - М.: Химия. - 1974. - 240 с.
5. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Справочник в 2-х томах под ред. С. Калверта и Г.М. Инглунда. пер. с англ. - М. Металлургия. - 1988г. - 712 с.

**УДК 504.4.054**

**Внукова А. С. студ.,  
Кирюшина Н.Ю. канд. тех. наук, доц.**  
*(Россия, Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова)*

### **СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

*В статье рассмотрены различные виды сорбционных материалов растительного происхождения, их эффективность и целесообразность в использовании. Изучены научные статьи российских и зарубежных авторов.*

*Ключевые слова: сорбция, растительные отходы, сорбенты, очистка, сточные воды.*

Очистка воды от различных загрязнителей в настоящее время является весьма актуальной задачей, требующей применения новых и более усовершенствованных подходов, в том числе ресурсосберегающих технологий, позволяющих использовать в производственных процессах очищенную воду, тем самым снижая потребление свежей.

Как показывает практика водоочистки, использование сорбентов является наиболее эффективным методом, вследствие чего очищаемая вода уже не содержит грубодисперсные примеси.

Сорбция – один из наиболее эффективных методов очистки воды. Под этим термином понимают способность одного вещества поглощать различные вещества своей поверхностью или объемом. Основным элементом для осуществления сорбции является материал-сорбент, который обладает достаточно развитой поверхностью и, как следствие, способен к поглощению загрязнений из воды. При этом традиционные виды сорбентов (активированные угли, цеолиты) часто заменяются на материалы, полученные из второсортного сырья, в частности, отходов производства. Так, для очистки стоков все большее применяются отходы агропромышленного комплекса – солома злаковых культур, кора деревьев, шелуха гречихи, риса, лузга подсолнечника, свекловичный жом, арахиса и другие. Также в качестве основы для получения сорбентов могут применяться целлюлозосодержащие материалы – отходы деревообрабатывающей промышленности, к которым относятся срезки, стружки, опилки, щепа, древесная пыль, кора и др [1-3].

Данные материалы могут с успехом использоваться для извлечения из воды самых разнообразных соединений, в том числе тяжелых металлов.

Кадмий, цинк, медь, никель, свинец, ртуть и хром часто обнаруживаются в промышленных сточных водах, которые образуются на гальванических, металлургических, энергетических предприятиях при добыче полезных ископаемых, производстве электрических батарей, в кожевенной, нефтеперерабатывающей, лакокрасочной промышленности и т. д. В отличие от органических отходов, тяжелые металлы не являются биоразлагаемыми, поэтому они могут накапливаться в живых тканях, вызывая различные заболевания и расстройства. Именно поэтому они должны быть удалены из сточных вод [4].

Такие методы очистки как: химическое осаждение, ионный обмен, электрофлотация, обратный осмос, электродиализ и т. п. являются наиболее сложными и ресурсозатратными, чем сорбционные технологии на основе растительного сырья.

Много исследований по сорбции ионов тяжелых металлов проведено на различных необработанных растительных материалах, таких как, в частности, листья кукурузы, золы рисовой шелухи и коры деревьев, стержни кукурузных початков. Данный отход относится к целлюлозосодержащему сырью и имеет губчатую пространственно-

каркасную структуру, обладает высокой гидрофобностью. К преимуществам использования растительных отходов для очистки сточных вод относят: относительно простую технологию обработки, хороший потенциал адсорбции, селективность по отношению к ионам тяжелых металлов, низкую стоимость, доступность, простоту регенерации. Однако, необработанные растительные отходы имеют низкую адсорбционную емкость. Кроме этого, в процессе сорбции происходит повышение уровней химического потребления кислорода (ХПК), биологического потребления кислорода (БПК), а также общего органического углерода (ООУ) в очищаемой воде в связи с выходом растворимых органических соединений, содержащихся в растительных материалах. Увеличение значений ХПК, БПК и ООУ может вызвать снижение содержания кислорода в воде, что может угрожать водным экосистемам. Поэтому такие отходы должны быть модифицированы до применения в качестве сорбентов для извлечения ионов тяжелых металлов.

В ряде научных работ были изучены сорбционные свойства модифицированных опилок, получаемых от деревообрабатывающей промышленности, - распространенный и легкодоступный побочный продукт. Они содержат различные органические соединения (лигнин, целлюлозу и гемицеллюлозу) с полифенольными группами, которые способны связывать ионы тяжелых металлов посредством разнообразных механизмов [3]. Авторами проведены исследования эффективности извлечения ионов меди и цинка опилками. Два типа опилок, тополя и ели, были обработаны растворами гидроксида натрия (они способствуют набуханию волокон) и карбоната натрия, после чего проводилось сравнение адсорбционной способности обработанных и необработанных опилок. Немодифицированные опилки обоих типов показали большую эффективность поглощения ионов меди, чем цинка. После обработки щелочью было отмечено увеличение адсорбционной емкости к указанным металлам (в 2,5 раза по ионам  $\text{Cu(II)}$  и 15 раз - по ионам  $\text{Zn(II)}$ ) [5]. В другом эксперименте авторами было обнаружено, что выщелачивание окрашенных органических веществ в процессе адсорбции может быть устранено путем предварительной обработки формальдегидом в кислой среде, с последующей обработкой гидрооксидом натрия, либо лишь щелочью. Согласно данным, приведенным в работе, щелочь улучшает адсорбцию освобождением на поверхности опилок новых адсорбционных центров. Однако, повышение концентрации гидроксида натрия для модификационных целей не приводит к существенному увеличению адсорбционной емкости. Для

модификации авторы предлагают использовать раствор щелочи с концентрацией не выше 1 %. Температура модификации также не является существенным фактором для значительного повышения адсорбционной емкости опилок. Было отмечено лишь небольшое повышение адсорбции меди и никеля, в случае обработки опилок гидроксидом натрия при высокой температуре. Изучение адсорбционной емкости при обработке карбонатом натрия показало, что модифицированные опилки в два раза лучше адсорбируют ионы меди и в шесть раз ионы цинка по сравнению с модифицированными [6].

Таким образом, проанализировав литературные данные по получению и использованию сорбционных материалов растительного происхождения, можно сделать вывод что сорбенты данного происхождения являются экономически выгодными, энергосберегающими и относительно простыми в использовании.

#### **Библиографический список**

1. Степанова С.В., Очистка модельных стоков, содержащих ионы тяжелых металлов, шелухой пшеницы / Степанова С.В., Шайхiev И.Г., Свергузова С.В. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. - № 6 - с. 183-186.
2. Шайхiev И.Г., Кератинсодержащие отходы птицеводства как сорбционные материалы для удаления поллютантов из водных сред. 2. Извлечение органических соединений. / Шайхiev И.Г., Шайхieva К.И. // Вестник Казанского технологического университета.- 2015. – Т. 18. № 5 – с. 216-220.
3. Современные технологии в области переработки химических продуктов коксования /Обзорная информация о современном состоянии коксохимических предприятий России, ФГУП ВУХИН, Екатеринбург. - 2010. – 49 с.
4. Vasilenko, T. A. Wastewater Treatment from heavy metals using extracts of wood processing waste (oak bark) / Vasilenko T. A., Kiryushina N. Yu., Semeykin A. Yu. // IOP. Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2018. – Vol. 451. - 012221.
5. Богданов, Н.И. Биологическая реабилитация водоёмов / Н.И. Богданов. - Пенза: РИОПГСХА, 2008. — 126 с.
6. Климов, Е. С. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е. С. Климов, М. В. Бузаева. - УлГТУ, Ульяновск. - 2011. - 201 с.