

водопроводно-канализационного хозяйства (жилищно-коммунального хозяйства), эксплуатирующие такие объекты, вынуждены обеспечивать непрерывное повышение эффективности работы ОС, в том числе путем их реконструкции и модернизации. В этой связи, с целью минимизации рисков при выборе тех или иных технологических решений на этапе разработки проектной, предпроектной документации по объектам строительства, реконструкции ОС, необходимо определить критерии оценки технологий очистки сточных вод на соответствие их НДТМ. Для дальнейшего сбора, анализа и систематизации данных о применяемых в республике технологиях, изучения их экологической эффективности и экономической целесообразности, разрабатываемый реестр ОС с их основными характеристиками будет направлен организациям водопроводно-коммунального хозяйства (жилищно-коммунального хозяйства) для уточнения и дополнения в части применяемых технологий очистки сточных вод и обработки осадков.

Список литературных источников

1. Ахмадиева, Ю. И. Состояние и перспективы развития наилучших доступных технических методов в области очистки сточных вод населенных пунктов Республики Беларусь / Ю. И. Ахмадиева, С. А. Дубенок // Минские научные чтения – 2022 : сборник материалов V Международной научно-технической конференции, Минск, 7–9 декабря 2022 г. / БГТУ. – Минск, 2022.
2. Ахмадиева, Ю. И. Анализ подходов к внедрению наилучших доступных технологий по очистке сточных вод в Республике Беларусь и зарубежных странах / Ю. И. Ахмадиева, С. А. Дубенок // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Гомель, 2–3 июня 2022 г. / Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: А. П. Гусев [и др.]. – Гомель, 2022. – С. 113–117
3. Официальный сайт РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» [Электронный ресурс]. – URL: <http://195.50.7.216:8081/hydrotechnic/makelist/>. – Дата доступа: 15.02.2023.
4. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 22 февр. 2022 г., № 91 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.
5. Об утверждении Стратегии в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2035 года [Электронный ресурс] : приказ Министерства при родных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 24 дек. 2021 г., № 370-ОД // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.

Железосодержащий коагулянт для очистки сточных вод от мелкодисперсных и коллоидных примесей

Залыгина О.С.¹, Старовойтова Т.Л.¹

¹*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь, zalyhina@mail.ru*

Резюме. Исследована возможность получения коагулянта из отхода литейного производства. Предложены условия получения коагулянта: разделение отхода магнитной сепарацией, обработка магнитной фракции 18%-ной HCl при соотношении твердой фазы к жидкой 1:7 при температуре 100 °С – 30 мин., хранение суспензии в течение 2 суток, разделение твердой и жидкой фаз фильтрованием.

Iron-containing coagulant for wastewater treatment from fine and colloidal impurities

Zalyhina V., Starovoitova T.

Summary. The possibility of obtaining a coagulant from foundry waste has been studied. Conditions for obtaining a coagulant are proposed: waste separation by magnetic separation,

processing of the magnetic fraction with 18% HCl at a solid-to-liquid ratio of 1:7 at a temperature of 100°C for 30 minutes, storage of the suspension for 2 days, separation of the solid and liquid phases by filtration.

Проблема очистки сточных вод с каждым годом становится все более актуальной как для нашей страны, так и для всего мира. В настоящее время на многих предприятиях образуются сточные воды, загрязненные мелкодисперсными и коллоидными примесями. Для их эффективной очистки используются различные коагулянты и флокулянты.

В настоящее время в Республике Беларусь коагулянты производит ООО «Ксанти-Инвест», созданное на базе производственных мощностей ОАО «Гомельский химический завод». Основным видом выпускаемой продукции является сульфат алюминия. Также выпуск коагулянтов осуществляется на ОАО «ТехноХимРеагентБел», расположенном в г. Гродно. Однако потребность в коагулянтах постоянно растет, значительную их часть приходится закупать за рубежом (в России, Китае и других странах). Кроме этого, в Республике Беларусь отсутствует сырьевая база для получения коагулянтов, что затрудняет организацию их производства.

Поэтому целью работы является получение коагулянтов из отходов производства.

Одним из производств, где образуются железосодержащие отходы, которые могут использоваться для получения коагулянтов, является металлургическое производство, широко представленное в Республике Беларусь. В основном оно сосредоточено на предприятиях холдинга ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «БМК». Также литейно-металлургические производства в той или иной степени присутствуют практически на всех крупных машиностроительных предприятиях Беларуси. На сегодняшний день таких производств насчитывается более 60 [1].

В литейном производстве образуются такие отходы, как земля формовочная горелая, металлургические шлаки и железосодержащая пыль.

В настоящее время существует довольно много разработок по переработке металлургических шлаков и земли формовочной горелой [2]. Вопросам переработки железосодержащей пыли уделяется гораздо меньше внимания, возможно, вследствие меньшего количества её образования по сравнению с другими отходами литейного производства. Между тем, учитывая высокое содержание в ней железа, она является ценным вторичным материальным ресурсом, который может найти применение в различных отраслях промышленности, в частности, для производства железосодержащих коагулянтов.

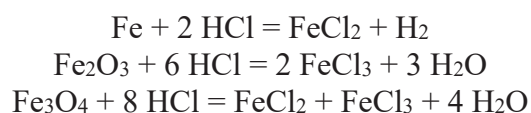
Железосодержащая пыль образуется в процессе очистки поверхности отливок разными способами: в барабанах периодического и непрерывного действия, в дробеструйных барабанах, на дробеметных столах, в дробеметных камерах и др. В соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь [3] железосодержащая пыль с вредными примесями относится к 3 классу опасности, без вредных примесей – к 4 классу опасности.

Для исследований была отобрана железосодержащая пыль (далее – ЖСП) одного из белорусских предприятий. Рентгенофазовый анализ свидетельствует о том, что основной кристаллической фазой ЖСП является кварцевый песок (SiO_2). Установить, в какой форме в данном отходе присутствует железо не удалось, скорее всего, вследствие низкой чувствительности рентгенофазового анализа. Для уточнения состава отхода методом сканирующей электронной микроскопии был определён его элементный состав (масс. %): Si – 50,17; O – 40,06; Fe – 8,27; Al – 1,50. Для увеличения содержания железа была проведена магнитная сепарация, в результате которой отход был разделён на две фракции – магнитную и немагнитную. Элементный анализ показал, что содержание железа в магнитной фракции (далее – МФ) увеличилось до 47,79 масс.%. В состав этой фракции может входить не только металлическое железо, но и его оксиды (Fe_3O_4 , Fe_2O_3), которые обладают магнитными свойствами. Рентгенофазовый анализ также свидетельствует о

наличии в МФ SiO₂, возможно, за счёт его спекания с железом при высоких температурах, характерных для литейного производства. Высокое содержание железа в МФ изучаемого отхода литейного производства свидетельствует о целесообразности её использования для получения железосодержащего коагулянта.

Для получения коагулянта из магнитной фракции ЖСП ее обрабатывали 18%-ной соляной кислотой при различных соотношениях твердой и жидкой фазы и нагревали при температуре 100 °С в течение 30 минут (до прекращения выделения водорода) и отделяли оставшуюся твердую фазу фильтрованием.

При этом возможно протекание следующих реакций:



Соли образующихся катионов Fe³⁺ и Fe²⁺ являются хорошими коагулянтами, в результате гидролиза которых образуются крупные заряженные частицы, интенсифицирующие седиментацию мелкодисперсных и коллоидных примесей.

На основании проведённого эксперимента было установлено, что в твердой фазе остаточное содержание железа составляет около 1 масс.%. Для увеличения степени извлечения железа после нагревания суспензию выдерживали в течение различного времени (от 0,5 часа до 5 суток) при комнатной температуре. Элементный анализ показал, что полное извлечение железа из отхода наблюдается при времени хранения 2 суток. Результаты исследований при вышеназванных условиях представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Концентрация Fe²⁺, Fe³⁺, Fe_{общ.} в исследуемых растворах при обработке магнитной фракции ЖСП соляной кислотой, отфильтрованных после хранения в течение 2 суток

Объём 18%-ной HCl, мл	Концентрация, г/л		
	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Fe _{общ.}
20	17,12	107,70	124,82
25	17,91	109,43	127,34
30	18,36	105,53	123,89
35	22,92	107,06	129,98
40	21,35	103,01	124,36
50	22,57	99,88	122,45

На основании проведённых исследований были предложены следующие условия получения коагулянта из железосодержащей пыли литейного производства: разделение отхода магнитной сепарацией на магнитную и немагнитную фракции, обработка МФ 18%-ной соляной кислотой при соотношении твердой фазы к жидкой 1:7 при температуре 100 °С 30 мин., хранение суспензии в течение 2 суток, разделение твёрдой и жидкой фаз фильтрованием.

Для определения эффективности работы полученного экспериментального коагулянта (далее – ЭК) был приготовлен его рабочий раствор с концентрацией Fe³⁺ 3 г/л. Исследования проводились на сточной воде ОАО «Керамин», содержащей мелкодисперсные и коллоидные примеси неорганического происхождения (частицы глины, глазури и др.). Очистка сточной воды с использованием экспериментального коагулянта осуществлялась при различных значениях pH. Результаты эксперимента при времени отстаивания 15 мин. представлены в табл. 2, из которой видно, что высокая эффективность очистки достигается при pH = 7. Параллельно проводился опыт с использованием в качестве коагулянта хлорида железа, выпускаемого промышленностью – промышленного коагулянта (далее – ПК).

Из таблицы видно, что эффективность очистки с использованием экспериментального коагулянта, полученного из отходов литейного производства, сопоставима, а в некоторых случаях даже выше, чем при использовании коагулянта $FeCl_3$, выпускаемого промышленностью. Это может быть связано с образованием кремниевых кислот при обработке соляной кислотой магнитной фракции железосодержащей пыли литейного производства, так как в ее состав входит SiO_2 . При этом возможен процесс поликонденсации кремниевых кислот, сопровождающийся образованием поликремниевых кислот, которые являются хорошими флокулянтами, вследствие чего полученный коагулянт также будет проявлять флокулирующие свойства. Это, в свою очередь, способствует образованию крупных хлопьев, что интенсифицирует процесс очистки сточных вод от мелкодисперсных и коллоидных примесей.

Таблица 2 – Результаты очистки сточной воды с использованием коагулянтов

Доза коагулянта мг Fe^{3+} на 1 л сточной воды	Эффективность очистки, %					
	рН 5		рН 6		рН 7	
	ПК	ЭК	ПК	ЭК	ПК	ЭК
1	54,87	55,61	66,22	68,93	81,55	82,93
2,5	57,11	57,88	69,87	71,18	90,43	92,42
5	58,99	60,13	70,54	72,23	91,17	94,96
7,5	61,34	62,67	73,88	74,26	94,48	96,20
10	63,25	63,14	74,35	75,69	95,99	98,27
12,5	64,77	61,78	75,66	74,99	96,73	98,71
15	61,55	59,98	74,23	74,32	95,81	96,58
20	60,29	60,02	73,42	74,57	95,44	97,11

Таким образом, железосодержащая пыль литейного производства может использоваться для получения коагулянта для очистки сточных вод от мелкодисперсных и коллоидных примесей.

Список литературных источников

1. Витязь, П. А. Анализ состояния литейных производств Республики Беларусь / П. А. Витязь, А. В. Толстой, М. А. Садоха // *Литье и металлургия*. – 2019. – № 3. – С. 35–40.
2. Утилизация вторичных материальных ресурсов в металлургии / К. А. Черепанов [и др.]. – М. : Металлургия, 1994. – 222 с.
3. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь»: утвержден постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 9 сентября 2019 г. № 3-Т // *Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь*. – 2019. – № 8/34631.

Седиментационный анализ состояния активного ила

Игнатенко А.В.¹

¹*Белорусский государственный технологический университет, кафедра биотехнологии, г. Минск, Республика Беларусь, ignatenko_av@tut.by*

Резюме. Вспухание ила является одной из основных проблем городских очистных сооружений, обрабатывающих смешанные коммунально-бытовые и промышленные сточные воды. Обычно вспухание ила характеризуется по значению илового индекса, определение которого недостаточно эффективно. В работе проведен седиментационный анализ нормального и вспухшего активного ила городских очистных сооружений с целью проверки возможности использования скорости осаждения частиц для быстрой оценки состояния активного ила. Показано, что кинетика седиментации частиц нормального и вспухшего ила существенно различается и связана с различием их удельной плотности. Для