

полученной зависимости для флокулянта СІР; проведена проверка адекватности полученной модели, которая показала, что 97,78 % рассеивания зависимой переменной объясняется теоретически полученной экспоненциальной моделью.

Список использованных источников

1. Матвеев, Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений : Учеб. пособие / Н.М. Матвеев. – Москва : Высшая школа, 1963. – 546 с.
2. Ящерицын, П.И. Планирование эксперимента в машиностроении: [Справ. пособие] / П.И. Ящерицын, Е.И. Махаринский – Мн.: Выш. шк., 1985. – 286 с., ил.
3. Статистические методы в экспериментальных исследованиях (руководство по использованию «Statistika for windows»): Учебное пособие / ВГТУ; Сост. С.М. Литовский. – Витебск, 1996. – 63 с.

SUMMARY

In work the process deposit of the weighed particles occurring in clearing of shop chemical cleaning at use various coagulants is investigated. As a result of carried out theoretical and experimental researches the theoretical dependence of weight of the besieged particles on time is received during chemical cleaning of waste water, and also the check of adequacy to the received model is carried out which has shown, that 97,78 % of dispersion dependent variable explains theoretically received exhibitor model.

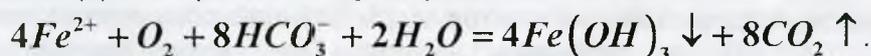
УДК 628.1.033+628.5

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ И ТЭЦ

А.П. Платонов, С.Г. Ковчур

Подземные воды большинства регионов Беларуси характеризуются повышенным содержанием железа. Например, на водозаборе № 4 г. Витебска вода, подающаяся на станцию обезжелезивания, содержит 3,5 мг/л ионов железа.

Преобладающей формой существования железа в подземных водах является бикарбонат железа (II), который устойчив только при наличии значительных количеств углекислоты и отсутствии растворенного кислорода [1]. Наряду с этим железо встречается в виде сульфида, карбоната и сульфата железа (II). Гидроксид железа может присутствовать в воде в коллоидном состоянии, которое является одной из основных форм его существования. Выпадению гидроксида железа из коллоидного состояния в осадок способствует наличие противоположно заряженных золь кремниевой кислоты. При значениях pH < 4,5 железо находится в воде в виде ионов Fe^{3+} , Fe^{2+} , $[Fe(OH)_2]^{2+}$. Повышение значения pH приводит к окислению ионов железа (II) в ионы железа (III). Окисление ионов железа (II) кислородом воздуха происходит по реакции



Обезжелезивание поверхностных вод можно осуществлять лишь реагентными методами, а для удаления железа из подземных вод наибольшее распространение получили безреагентные методы.

На водозаборе № 4 г. Витебска для обезжелезивания воды применяется метод фильтрования на каркасных фильтрах на установках производительностью до 1000 м³/сутки. Сущность этого метода заключается в том, что ионы железа (II) после окисления переходят в осаждающиеся ионы железа (III). Гидроксид железа,

формирующийся в нижней части аппарата, намывается на патрон. При этом в начале процесса решающую роль играет различие в зарядах керамического патрона, хлопьев гидроксида железа и ионов железа (II).

В настоящее время промывные воды, образующиеся на станциях обезжелезивания при промывке фильтров и содержащие в качестве основного загрязнения тонкодиспергированную суспензию гидроксида железа $Fe(OH)_3$, подлежат либо открытому сбросу в поверхностные водоемы или водоотводящие сети, либо осветлению отстаиванием с дальнейшим обезвоживанием выделенного осадка на иловых площадках [2]. Периодически, не реже одного раза в полгода, на станциях обезжелезивания производят чистку емкостей, шлам вывозят на свалку. В результате не только затрачиваются значительные средства на вывоз осадка, но и теряются ценные химические вещества (соединения железа), которые можно использовать при изготовлении строительных материалов. Важен также и экологический аспект данной проблемы. Осветленная вода из отстойных сооружений имеет достаточно высокую мутность (30-50 мг/л). Сброс ее в открытый водоем приводит к его загрязнению. На некоторых водонасосных станциях шлам не собирают, а сливают в реки, что приводит к их заилению и обмелению. В Республике Беларусь до настоящего времени не разработана технология комплексной утилизации отходов станций обезжелезивания.

Химический состав отходов (шлама) определялся методами комплексонометрии. Результаты анализов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав отходов станций обезжелезивания

Содержание в весовых процентах в пересчете на сухое вещество	Станции обезжелезивания г. Витебска			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
SiO ₂	48,3-49,2	49,1-49,6	48,4-49,5	49,1-50,3
Fe ³⁺	32,2-33,1	31,9-32,1	32,4-33,0	31,8-32,3
Ca ²⁺	4,1-4,2	4,1-4,3	4,2-4,3	4,1-4,2
Mg ²⁺	2,0-2,1	2,3-2,4	2,0-2,2	2,1-2,2
Анионы HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻	11,4-13,4	11,6-12,6	11,0-13,0	11,0-12,9

На основе неорганических отходов станций обезжелезивания можно получить железосодержащие пигменты и пигменты-наполнители с широкой цветовой гаммой. Поскольку Республика Беларусь не имеет собственного производства железосодержащих пигментов, а их потребность превышает 5000 т/год, появляется необходимость разработки технологии пигментов на базе дешевого местного сырья [3, 4].

Для получения железосодержащих пигментов шлам станций обезжелезивания прокачивали при 700 °С в течение 1 часа. При этом получается высококачественный пигмент, аналогичный смеси 30 % железного сурика и 70 % охры. В таблице 2 приведены качественные показатели прокаленных отходов.

В процессе прокаливания отходы частично спекаются, поэтому их необходимо измельчать в шаровой мельнице до степени дисперсности 140-160 мкм. Прокаленные отходы станций обезжелезивания (ТУ 17-2071665-1-97) по качественным показателям соответствуют высококачественным строительным пигментам и могут найти применение в производстве фасадной краски [5].

Таблица 2 – Качественные показатели прокаленных отходов

Наименование показателя	Значение показателя	Метод испытания
Внешний вид	Тонкодисперсный порошок темно-красного цвета	ТУ 17-2071665-1-97
Степень дисперсности	140-160 мкм	ГОСТ 21119.1-10-75
Тонкость помола	Прохождение через сито 008 в количестве не менее 85 % от массы шлама	Определение остатка на сите после мокрого просева
Укрывистость	Не более 20 г/м ²	ГОСТ 8784-85
Потери при прокаливании при 700 °С в течение 1 часа, % по массе	22-25 %	ГОСТ 11022-75
Содержание оксида трехвалентного железа	68-72 %	Гравиметрический метод

Вторая задача настоящего исследования – разработка технологии утилизации отходов, образующихся при водоподготовке на теплоэлектроцентралях. В Республике Беларусь не решен вопрос утилизации таких отходов. Масштабы образуемых шламовых отходов при химической подготовке воды являются значительными для организации промышленной переработки. Согласно данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды ежегодно в Республике Беларусь образуется около 14 тысяч тонн сухого шлама в процессе водоподготовки на теплоэлектроцентралях.

На Витебской ТЭЦ для очистки воды в качестве коагулянта применяют сульфат алюминия, а в качестве флокулянта – полиакриламид, на мини-ТЭЦ «Южная» в качестве коагулянта используют двухвалентный сульфат железа, предварительно проводят известкование гашеной известью. На кафедрах химии, охраны труда и промэкологии ВГТУ разработан новый состав асфальтобетона с использованием отходов, образующихся при водоподготовке на ТЭЦ. В результате исследований установлено, что отходы, содержащие соединения алюминия, не всегда увеличивают прочность асфальтобетона, к тому же возрастает расход битума, поэтому объектом исследования являлись отходы, полученные после водоподготовки на ТЭЦ «Южная», где в качестве коагулянта используется сульфат железа. В центральной лаборатории КУП «Витебскоблдорстрой» Департамента «Белавтодор» исследованы качественные показатели отходов. Установлено, что шлам соответствует требованиям ГОСТ [6]. Содержание в отходах тяжелых металлов определялось с помощью атомно-эмиссионного анализа на спектрографе PGS-2. Учитывая, что содержание тяжелых металлов в шламе не превышает допустимых санитарных норм, отходы ТЭЦ можно использовать в дорожном строительстве.

Применяемая в дорожном строительстве смесь холодной укладки для ремонта автомобильных дорог имеет следующий состав: песчано-гравийная смесь – 62 %; щебень гранитный – 28 %; доломитовая мука – 7 %; активатор (гашеная известь) – 3 %; битум нефтяной жидкий – 6 % от веса минеральных материалов. Асфальтобетонные смеси приготавливают перемешиванием в нагретом состоянии (температура не ниже 393 К) минеральных материалов и битума. При такой температуре органические вещества, которые содержатся в отходах, выгорают.

Минеральный порошок является важной составной частью асфальтобетона. В качестве минерального порошка часто используют доломитовую муку, которая производится для сельского хозяйства и не предназначена для дорожного строительства. Использование доломитовой муки в сельском хозяйстве целесообразно, поскольку доломит поглощает радиоактивный стронций и резко уменьшает содержание радионуклидов в продуктах. Установлено, что весь доломит и часть песчано-гравийной смеси в составе асфальтобетона можно

заменить сухим шламом ТЭЦ. В аккредитованной центральной лаборатории КУП «Витебскоблдорстрой» проведены испытания физико-механических свойств асфальтобетонной смеси, содержащей отходы ТЭЦ (таблица 3).

Таблица 3 – Физико-механические свойства а/б смеси

Свойства	Единица измерения	Норма оптимальных показателей	Новая асфальтобетонная смесь
Водонасыщение	%	1-4	3,7
Набухание	%	не более 1,0	0,2
Предел прочности при сжатии при 50 °С	МПа	не менее 1,0	1,3
Предел прочности при растяжении при 0 °С	МПа	не менее 1,5	3,3
Модуль остаточной деформации при 50 °С	МПа	не менее 75 для дорог II категории	83,5

Замена минерального порошка шламом не приводит к ухудшению физико-механических свойств асфальтобетона. Применение отходов улучшает прочностные характеристики асфальтобетона, сопротивление пластическим деформациям, снижает трещиностойкость. За последние 4 года на Витебском государственном предприятии «Витебскоблремстрой» по новой рецептуре изготовлено семь тысяч тонн асфальтобетона и проведены его испытания в естественных условиях. В результате испытаний установлено, что новый состав асфальтобетона по качественным показателям не уступает обычному асфальтобетону. Разработанные технологии утилизации отходов станций обезжелезивания и ТЭЦ являются ресурсосберегающими, экспортоориентированными, важными в плане импортозамещения, экологобезопасными.

Список использованных источников

1. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов. – Москва: МГУ, 1996. – 680 с.
2. Любарский В.М. Осадки природных вод и методы их обработки. – Москва: Стройиздат, 1980. – 172 с.
3. Кордигов В.Д. Разработка технологии пигментов и пигментов-наполнителей на основе железосодержащих отходов: Автореф. дис. канд. тех. наук: 05.17.01/ Бел. госуд. технолог. ун-т. – Минск, 2001. – 21 с.
4. Ещенко Л., Салоников В. Получение высокодисперсного $\alpha-Fe_2O_3$ и композиционных пигментов на его основе // Наука и инновации, 2004. – № 3. – С. 6-16.
5. Платонов А.П., Ковчур С.Г., Гречаников А.В. Утилизация отходов ТЭЦ с целью получения фасадной краски // Вестник ВГТУ, 2004. – № 6. – С.129-132.
6. СТБ 1115-2004 «Смеси асфальтобетонные, дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методика испытаний». – Минск: РУП «Минсктиппроект», 2004. – 36 с. Поступила в редакцию.

SUMMARY

Water supplied to consumers (population, enterprises) is purified before hand at water cleaning stations, the waste with ferrous salts being formed. The chemical contents of the waste has been defined with the chelatometry method. On the basis of the waste composition was developed the waste utilization technology with the aim of building materials obtaining. On the basic of the waste formed on thermal power-station was depended the waste utilization technology with the aim of construction of concrete road.