

УДК 544.971

КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТСТОЙНИКА ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ*В.В. Шавкун, А.Е. Капустин, Э.О. Бутенко**ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь*

Статья посвящена исследованию процессов нейтрализации отстойника, расположенного на полигоне твердых бытовых отходов города Мариуполя. Изучены кинетические закономерности процесса нейтрализации компонентов отстойника. Показана зависимость скорости процесса от основности нейтрализующего компонента, фракционного состава твердой фазы, содержания нейтрального твердого компонента.

Ключевые слова: отстойник, полигон твердых бытовых отходов, осаждение, нейтрализация.

Введение. Исследуемый отстойник расположен на территории полигона твердых бытовых отходов г. Мариуполя, между существующей свалкой и строящимся полигоном (рис. 1) и служит для сбора образующегося на полигоне фильтрата. Отстойник оказывает негативное воздействие на грунтовые и поверхностные воды, поскольку расположен на левом берегу р. Кальмиус, в 6700 м от ее впадения в Азовское море.

Предварительный химический анализ воды [1] отстойника показал, что наибольшие превышения ПДК наблюдаются для фенолов (в 41 раз – для жидкой фазы отстойника и 684 раза – для воды пробуренных непосредственно возле отстойника скважин). Кроме фенолов обнаружены превышения ПДК содержания железа (в 3346,3 раза – в жидкой фазе отстойника и в 4934,3 раза – в воде скважин).



Рис. 1. Расположение отстойника на полигоне твердых бытовых отходов

В связи с полученными данными, необходимой является нейтрализация загрязнителей осаждением неорганических компонентов и адсорбцией органики. Главной технологической задачей является проведение процесса дезактивации органических и неорганических соединений с использованием доступных, недорогих и нетоксичных компонентов.

Целью данной работы явились исследования кинетических закономерностей протекания процессов нейтрализации содержащихся в отстойнике фенолов и железа.

Материалы и методы исследований. Исследования кинетики осаждения твердой фазы проводили в стеклянных цилиндрах емкостью 50 мл, диаметром около 1 см [2]. Скорость процесса изучали наблюдением за двумя параметрами – изменением мутности раствора и изменением цвета раствора. Изменения мутности и цвета раствора определяли фотоколориметром с длиной кювет 20 мм.

Кинетические закономерности в зависимости от основности изучали по времени, необходимому для 50% осаждения твердой фазы ($\tau_{1/2}$). Исследования проводили с фракциями оксида кальция и металлургического шлака 1-2 мм.

Исследования влияния основности на скорость образования осадка проводили в стеклянных цилиндрах емкостью 50 мл, диаметром около 1 см. Образование первичного слоя принимали за начало процесса слоеобразования и фиксировали время уменьшения его толщины в два раза ($\tau_{1/2}$). То есть, фактически фиксировали скорость изменения структуры осадка в процессе гидротермальных превращений. Исследования проводили при различных соотношениях оксида кальция к металлургическому шлаку, при размере частиц 1-2 мм. Во всех случаях количество оксида кальция соответствовало стехиометрическому.

Для изучения распределения частиц их вводили через стеклянную трубку диаметром 8 см в заполненную водой емкость с толщиной воды 2 м и измеряли высоту и диаметр образующегося на дне конуса. Принимали, что средняя толщина водного слоя составляет 2 м, плотность жидкой фазы составляет 1 г/мл.

Результаты и их обсуждение. Изучали зависимость скорости протекания процесса нейтрализации от таких параметров, как основность нейтрализующего компонента, фракционный состав твердой фазы, содержание нейтрального твердого компонента.

Кинетические закономерности процессов осаждения, определяемые по мутности раствора, показали, что мутность в начальный момент времени увеличивается (рис. 2). Это объясняется образованием взвешенных частиц гидроксидов двухвалентного и трехвалентного железа. Изменение цвета осадка показывает, что основной процесс окисления двухвалентного железа протекает не в объеме раствора, а в твердой фазе (рис. 3).

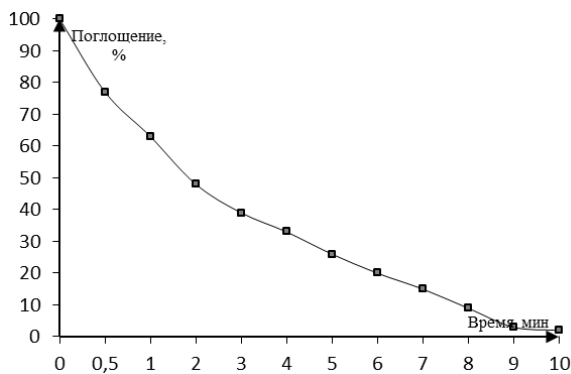


Рис. 2. Изменение мутности раствора

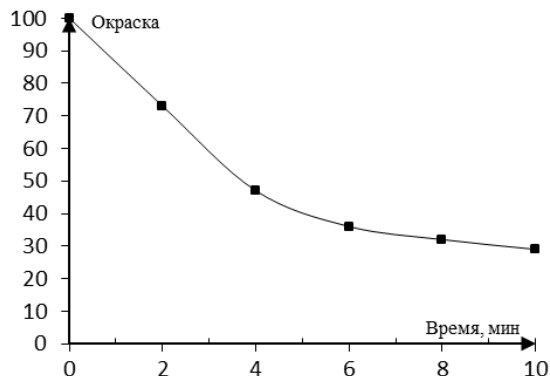


Рис. 3. Изменение цветности раствора

Введение основного вещества в чистом виде в жидкую фазу отстойника является нецелесообразным, поскольку в этом случае скорость нейтрализации будет протекать локально, очень быстро, твердая фаза нейтрализующего не будет успевать полностью вступать в реакцию, из-за блокирования образующимся осадком гидроксидов. Поэтому данный компонент разбавляли нейтральным веществом – металлургическим шлаком.

Изменение времени осаждения показано на рис. 4. Поскольку установлено, что наиболее рациональным использованием оксида кальция и шлака является проведение процесса в кинетической области, то для преодоления внутридиффузионного сопротивления необходимо уменьшать размер частиц шлака с целью увеличения отношения внешней и внутренней поверхностей [3]. С этой целью были проведены эксперименты по изучению влияния фракционного состава осадителя на кинетику процесса нейтрализации. Фракционный состав исследованных смесей представлен в табл. 1.

Изменения времени осаждения показаны на рис. 5. Во всех случаях количество оксида кальция соответствовало стехиометрическим расчетам.

С уменьшением размера частиц увеличивается их удельная внутренняя и внешняя поверхности, что должно вызывать значительное увеличение скорости. Однако, наблюдается снижение эффективной скорости, причем при размере менее 0,1 мм оно становится критическим. Снижение скорости в области мелких частиц оксида кальция и шлака можно объяснить образованием монолитной структуры, что приводит к снижению диффузии между частичками. В этом случае реакция протекает практически на внешней поверхности образовавшегося монолита. При увеличении размера частиц снижается их удельная поверхность, что также приводит к снижению скорости.

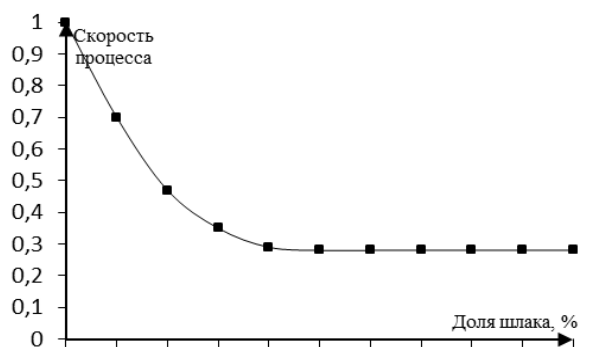


Рис. 4. Зависимость скорости осаждения от содержания шлака

Таблица 1
Размер исследованных фракций, мм

Номер	Размер фракций	Номер	Размер фракций
1	0,08-0,2	6	3,0-4,0
2	0,2-0,5	7	3,0-5,0
3	0,5-1,0	8	5,0-10,0
4	1,0-2,0	9	10-50
5	2,0-3,0	10	>50

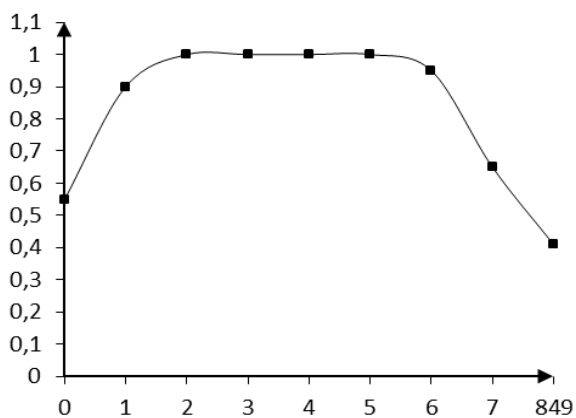


Рис. 5 Зависимость скорости нейтрализации от размера частиц

Таким образом, наблюдаются два противоположных процесса, что и вызывает экстремальную зависимость скорости процесса от эффективного размера частиц. Решить эту проблему возможно перемешиванием субстрата с целью перехода в кинетическую область. При отсутствии такого перемешивания следует работать с определенной фракцией частиц, соответствующей максимуму скорости. Оптимальный размер частиц составляет 1-2,5 мм [4].

Для изучения влияния основности на скорость образования осадка были поставлены следующие эксперименты. После добавления твердого основного компонента, состоящего из оксида кальция и металлургического шлака, наблюдали за образованием осадка на дне цилиндра. На рис. 6 показано изменение скорости уплотнения осадка от основности твердого материала.

Из приведенных на рисунке данных видно, что скорость упрочнения осадка на дне отстойника возрастает симбатно с увеличением основности твердого материала, то есть, с увеличением содержания оксида кальция.

Изучение влияния фракционного состава твердой фазы на скорость созревания осадка показало, что при очень малом размере частиц твердого материала скорость уплотнения осадка мала (рис. 7).

Это объясняется низкой эффективной плотностью частиц, вследствие чего они пребывают во взвешенном слое. При дальнейшем увеличении размеров частиц скорость уплотнения практически не меняется. Наблюдаемая «нулевая» скорость осаждения для частиц размером свыше 5 мм является лишь методическим отклонением из-за того, что размер частиц сопоставим с размером толщины осадка. В действительности, при очень больших размерах частиц скорость будет снижаться, однако крутизна снижения значительно меньше. Увеличение плотности осадка симбатно связано со скоростью уплотнения и достигает максимального значения при размерах частиц от 1 до 5 мм.

Поскольку образующийся на дне отстойника слой представляет собой композитное соединение сложного состава, в основе которого находится твердое пористое тело, то влияние давления на прочность образующегося монолита может быть критическим. Из рис. 8 видно, что наблюдается практически пропорциональная зависимость, т.е. при создании эффективного слоя, обладающего высокой прочностью, следует стремиться к повышению прилагаемого давления.

Поскольку необходимо было получить асфальтоподобный слой на дне отстойника, а загрузка возможна только с поверхности, было проведено исследование распределения частиц при падении через водный слой. Было обнаружено, что для частиц размером более 5 см диаметр конуса и его высота не зависят от размера частиц и определяются только количеством введенной твердой фазы (угол откоса составляет более 30 °). Изменение угла откоса для других фракций показано на рис. 9.

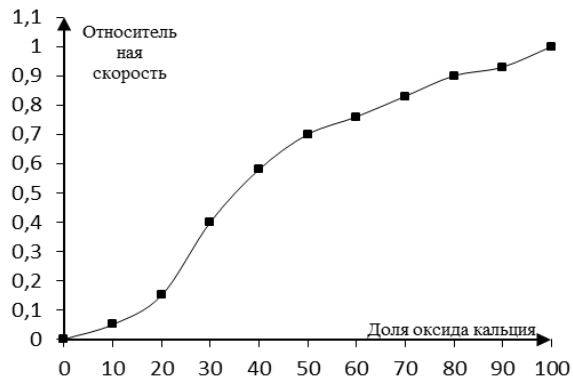


Рис. 6. Зависимость скорости уплотнения осадка от основности твердой смеси

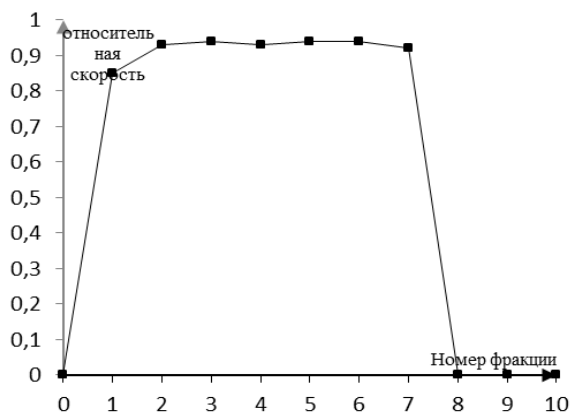


Рис. 7. Влияние размера частиц на скорость уплотнения осадка

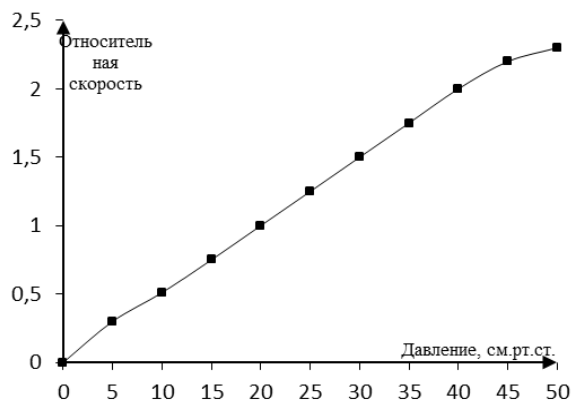


Рис. 8. Зависимость скорости уплотнения осадка от давления

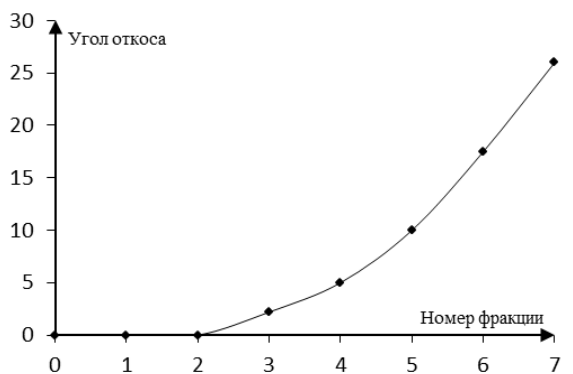


Рис. 9. Изменение угла откоса для различных фракций шлака

При использовании частиц большого размера эффективная толщина слоя уменьшается примерно в 5 раз за счет осыпания частиц.

Выводы. При проведении данного процесса нейтрализации отстойника необходимо постоянно контролировать такие параметры, как качественный и количественный состав водной фазы, толщину слоя жидкости, равномерность засыпки, толщину образуемых слоев. Наиболее целесообразным является разбавление основного вещества нейтральным веществом – металлургическим шлаком. Установлено, что для преодоления внутридиффузионного сопротивления необходимо уменьшать размер частиц шлака с целью увеличения отношения внешней и внутренней поверхностей. Определена необходимость перемешивания субстрата с целью перехода в кинетическую область. Изучение влияния фракционного состава твердой фазы на скорость созревания осадка показало, что при очень малом размере частиц твердого материала скорость уплотнения осадка мала.

РЕЗЮМЕ

Стаття присвячена дослідженню процесів нейтралізації відстійника, розташованого на полігоні твердих побутових відходів міста Маріуполя. Досліджені кінетичні закономірності процесу нейтралізації компонентів відстійника. Наведена залежність швидкості процесу від основності нейтралізуючого компонента, фракційного складу твердої фази, вмісту нейтрального твердого компонента.

Ключові слова: відстійник, полігон твердих побутових відходів, осадження, нейтралізація.

SUMMARY

This article is about investigation of the process of neutralization of the liquid phase slurry tank pond in the municipal solid waste landfill in the Mariupol city. Kinetic regularities of process of neutralization of components of a settler were studied. Dependence of speed of process on basicity of a neutralized component, fractional structure of a firm phase, the maintenance of a neutral firm component were shown.

Keywords: sump, landfill, sedimentation, neutralization

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Исследование пруда-шламонакопителя на полигоне твердых бытовых отходов: I Межотраслевая научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов: сборник трудов (27-28 марта 2012 г., г. Харьков). – Харьков, 2012. – С. 498-501.
2. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1984. – 484 с.
3. Изучение условий активации шлакового сорбента / Э.Б. Хоботова, И.В. Грайворонская, В.В. Даценко, В.Н. Баумер // Вісн. Донецького нац. ун-ту. – 2009. – Вип. 2. – С. 400-406.
4. Касиков А.Г. Очистка промышленных сточных вод с использованием отходов производства / А.Г. Касиков // Экология промышленного производства. – 2006. – № 4. – С. 28-36.

Поступила в редакцию 14.02.2013 г.