

За 2009 год мощность полей фильтрации составила 55,79 млн.м<sup>3</sup>/год, в 2008 году – 54,45 млн.м<sup>3</sup>/год. При этом площадь карт полей фильтрации снизилась с 857,3 га в 2007 году до 833,5 га.

Как показал анализ количества и состава сбрасываемых сточных вод, объем сброса загрязнений органических веществ по БПК<sub>5</sub>, сульфатам, хлоридам, фосфатам, азоту нитритному и нитратному, СПАВ, цинку – снизилась. Произошло увеличение содержания взвешенных веществ на 0,18 т или на 11,4%, что связано с увеличением объема сточных вод, содержащих данное загрязняющее вещество. Этим же объясняется увеличение содержания минерального состава. Причиной увеличения содержания металлов (медь, никель, хром общий) стало ухудшение эффективности работы очистных сооружений из-за неэффективной работы локальных очистных сооружений по ряду предприятий города Бреста.

Основное количество сточных вод, имеющих загрязняющие вещества, приходится на предприятия жилищно-коммунального хозяйства (64,4%). В их составе содержалось 93,8% органических веществ, 100,0% нефтепродуктов, фосфатов, хрома общего, цинка, азота нитритного, 97,7% азота аммонийного и др. В 2008 году заметно ухудшилась эффективность работы очистных сооружений в городах Брест, Береза, Ивацевичи.

Таким образом, наблюдается значительный рост водопотребления в прудово-рыбном хозяйстве, и имеется заметная тенденция в снижении водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды. При этом произошло увеличение содержания загрязняющих веществ в сточных водах жилищно-коммунального сектора.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный статистический «Отчет об использовании воды» по форме 1-вода (Минприроды).

УДК 628.162

*Рачко Н.Ю.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Белов С.Г.*

### ОЧИСТКА ВЫСОКОМУТНЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД МЕЛОВОГО КАРЬЕРА МЕТОДОМ РЕАГЕНТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ

#### Введение

Месторождение строительных материалов «Хотиславское» расположено в Брестской области, в долине одного из левых притоков р. Рита, и находится южнее г. п. Малорита.

Месторождение содержит большое количество песка (30 млн.т) и мела (около 50 млн.т), которые являются ценным сырьем для производства строительных материалов и используются в качестве сырья в стекольной, металлургической, химической и других отраслях промышленности.

Разработка карьера ведется открытым способом, осушение осуществляется открытым водосливом. Среднесуточный расход дренажных вод в настоящее время составляет около 3000 м<sup>3</sup>/сут. В ближайшем будущем в связи с увеличением разрабатываемой площади и глубины карьера ожидается увеличение расхода сточных вод до 10000 м<sup>3</sup>/сут.

Дренажная вода откачивается насосом из карьера в естественный водоем – отстойник, далее попадает в мелиоративный канал, который впадает в водоем рыбо – хозяйственного значения – р. Рита.

Дренажная вода является высокомутной. Концентрация взвешенных веществ составляет 1280 мг/л, прозрачность по шрифту – 5 мм. Значительная часть взвешенных веществ находится в коллоидном состоянии, даже при длительном отстаивании в покое (в течение 3-х суток) полного осветления не происходит. По данным лаборатории аналитического контроля областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды, в месте выпуска мелиоративного канала в р. Рита вода содержит 43 мг/л тонкой взвеси, которая значительно увеличивает мутность речной воды. До выпуска мутность в р. Рита составляет 7,8 мг/л, ниже выпуска в контрольном створе – 16 мг/л, что значительно превышает допустимую норму (8,55 мг/л). Поэтому областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды был поставлен вопрос об очистке отводимых дренажных вод карьера.

### Методическая часть

Исследования проводились в лаборатории очистки производственных сточных вод Брестского государственного технического университета по следующей методике.

В 0,5 л обрабатываемой воды, находящейся в стеклянном стакане, при непрерывном перемешивании вводилась заданная доза коагулянта в виде раствора с концентрацией 25 мг/мл по безводному веществу. Далее стакан устанавливался на магнитную мешалку, и осуществлялось перемешивание в течение 2-х минут с интенсивностью перемешивания  $G=200$ . Через 2 минуты при работающей мешалке вводилась заданная доза флокулянта ПАА (полиакриламид) в виде раствора с концентрацией 1 мг/мл по безводному веществу. После этого параметр перемешивания  $G$  снижался до значения  $G=50$ , и в данном режиме осуществлялось перемешивание в течение 10 минут для осуществления процесса флокуляции. После этого стакан снимался с магнитной мешалки, и начинался отсчет времени отстаивания. По прошествии заданного времени отстаивания из середины стакана пипеткой отбиралась проба осветленной воды и на спектрофотометре SP 830 Plus определялась ее оптическая плотность в кювете с длиной оптического пути 10 миллиметров на длине волны 550 нм. По оптической плотности образца с помощью калибровочного графика определялась остаточная концентрация взвешенных веществ.

Для построения калибровочного графика исследуемая вода была обработана хлористым кальцием  $\text{CaCl}_2$  (коагулянт) дозой в 2 г/л. После 24 часового отстаивания выпавший осадок взвешенного вещества, выделенный методом декантации, высушивался при температуре  $t=105^\circ\text{C}$  до постоянной массы. Затем осадок растирался в фарфоровой ступке до пылевидного состояния. Отвешивалась точная навеска осадка массой 1 грамм и разбавлялась литром дистиллированной воды, подкрашенной органическим красителем "бензанил зеленый" в концентрации 1 мг/л. При этом оптическая плотность дистиллированной воды с добавлением красителя была такой же, как и оптическая плотность полностью осветленной дренажной воды мелового карьера. Полностью осветленная дренажная вода имеет зеленый оттенок, обусловленный содержанием железа. Из полученной суспензии взвешенных веществ с концентрацией 1000 мг/л методом разбавления приготавливались растворы с меньшей концентрацией, и измерялась их оптическая плотность. По полученным данным был построен калибровочный график для определения концентрации взвешенных веществ в зависимости от оптической плотности исследуемой воды [1].

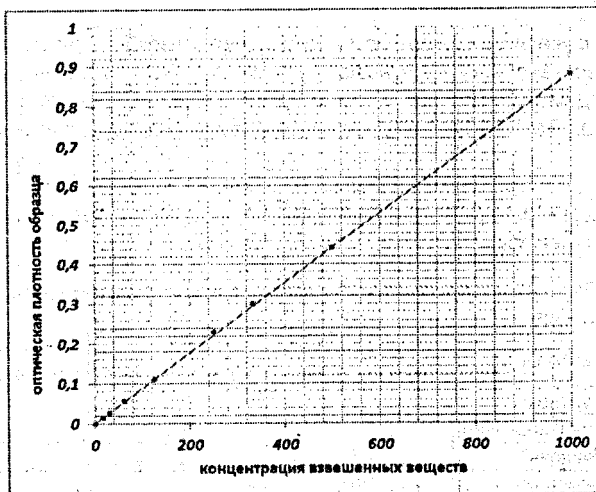


Рисунок 1 – Калибровочный график для определения концентрации взвешенных веществ по оптической плотности

### Экспериментальная часть

Эксперимент по осветлению высокомутных дренажных вод мелового карьера осуществлялся по вышеприведенной методике. Исследовалась эффективность применения коагулянтов: сульфата алюминия  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  и сульфата трехвалентного железа  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ . Данные реагенты дозировались по безводному веществу. В качестве флокулянта использовали полиакриламид (ПАА). Третьим фактором являлось время отстаивания после проведенных процессов коагуляции и флокуляции. Функцией отклика являлась остаточная концентрация взвешенных веществ в дренажной воде после обработки. Допустимая концентрация взвешенных веществ в сбрасываемой очищенной дренажной воде была рассчитана с учетом того, что водоотведение осуществляется в водоем рыбохозяйственного значения – р. Рита. Данная концентрация составляет не более 10 мг/л.

### Коагулирование сульфатом алюминия

На начальном этапе была исследована эффективность применения сульфата алюминия без добавления флокулянта. Полученные результаты представлены на рис. 2.

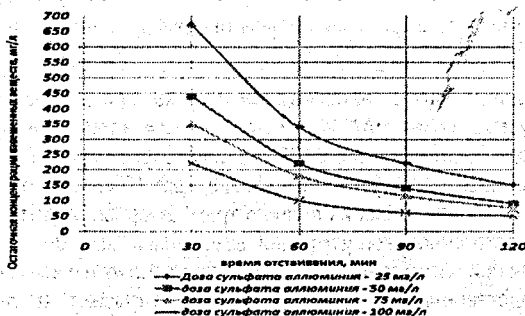


Рисунок 2 – Коагулирование сульфатом алюминия без использования флокулянта

Как видно, с увеличением дозы сульфата алюминия эффективность очистки увеличивается. Однако даже при дозе сульфата алюминия 100 мг/л и времени отстаивания 120 минут необходимая остаточная концентрация взвешенных веществ в очищенной воде не достигнута. Поэтому дальнейшие исследования осуществлялись с добавлением флокулянта.

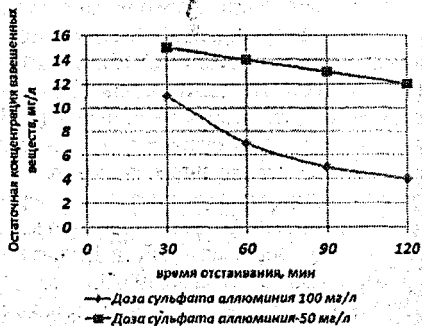
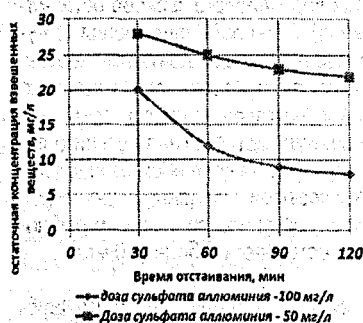
*Коагулирование сульфатом алюминия с применением флокулянта*

В данной серии экспериментов исследовалось влияние 3-х факторов: дозы коагулянта, дозы флокулянта и времени отстаивания. План эксперимента приведен в таблице 1 [2].

**Таблица 1** – План эксперимента по исследованию влияния основных факторов процесса коагуляции

Наименование	Доза коагулянта, мг/л	Доза флокулянта, мг/л	Продолжительность отстаивания, мин.
Основной уровень	75	1,5	60
Интервал варьирования	25	0,5	30
Верхний уровень	100	2	90
Нижний уровень	50	1	30

На рисунке 3 представлены результаты обработки дренажной воды сульфатом алюминия дозами 50 и 100 мг/л при различных дозах ПАА.



а

б

**Рисунок 3** – Эффективность применения коагулянта сульфата алюминия при дозе ПАА 1 мг/л (а) и 2 мг/л (б)

Как видно из данных, представленных на рисунке, при дозе сульфата алюминия 50 мг/л и исследуемых дозах ПАА (1 и 2 мг/л) достичь требуемого уровня очистки не удалось. При дозе сульфата алюминия 100 мг/л и дозе флокулянта 2 мг/л требуемая степень очистки достигалась за время отстаивания порядка 40 минут, а при дозе флокулянта 1 мг/л – 75 минут. После выполнения полного трехфакторного эксперимента была получена зависимость остаточной концентрации взвешенных веществ от дозы коагулянта сульфата алюминия при оптимальной дозе флокулянта 1,5 мг/л и времени отстаивания 60 минут. Данные представлены на рисунке 4, которые показывают, что для достижения заданной степени очистки достаточная доза сульфата алюминия составляет 75 мг/л.

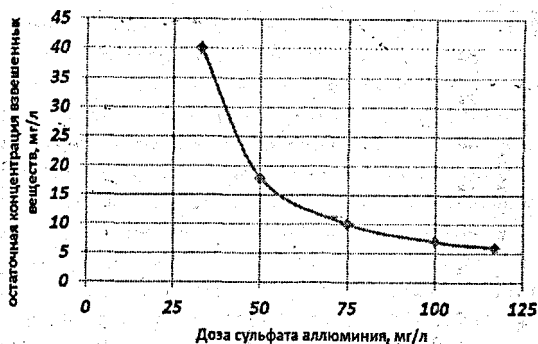


Рисунок 4 – Эффективность применения различных доз сульфата алюминия при времени отстаивания 60 мин и дозе ПАА 1,5 мг/л

### Коагулирование сульфатом железа (III)

Исследования эффективности процесса очистки дренажных вод с использованием коагулянта сульфата железа (III) осуществлялись по плану эксперимента, аналогичному с использованием сульфата алюминия. На рисунке 5 представлены полученные результаты.

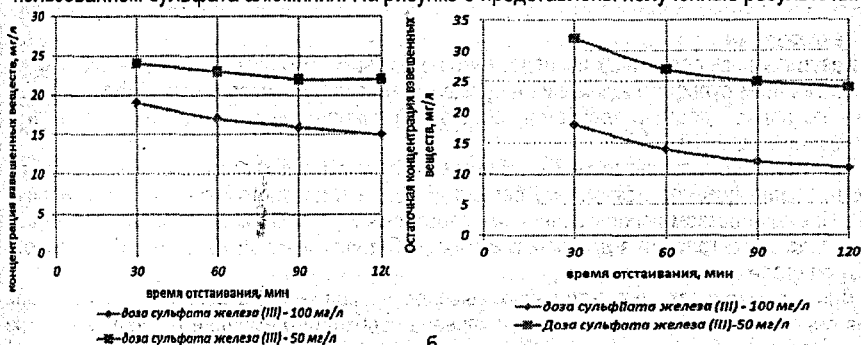


Рисунок 5 – Эффективность применения коагулянта сульфата железа (III) при дозе ПАА 1 мг/л (а) и 2 мг/л (б)

Как видно из данных, представленных на рисунках, ни в одном из вариантов достичь требуемой степени очистки не удалось. Наиболее эффективным вариантом было применение 100 мг/л сульфата железа (III) при дозе ПАА 2 мг/л и времени отстаивания 120 мин. При этом была достигнута остаточная концентрация взвешенных веществ 12 мг/л.

Следует отметить, что по сравнению с коагулянтом сульфатом алюминия при коагулировании сульфатом железа время последующего отстаивания менее сильно влияло на полученный результат. Это объясняется тем, что при коагулировании солями железа образуются более тяжелые и компактные осадки, которые значительно быстрее оседают.

С целью выявления дозы сульфата железа (III), позволяющей достичь требуемой степени очистки, были исследованы более высокие дозы сульфата железа (III) при температуре отстаивания 60 минут и количестве ПАА – 2 мг/л. Результаты опытов представлены на рисунке 6.

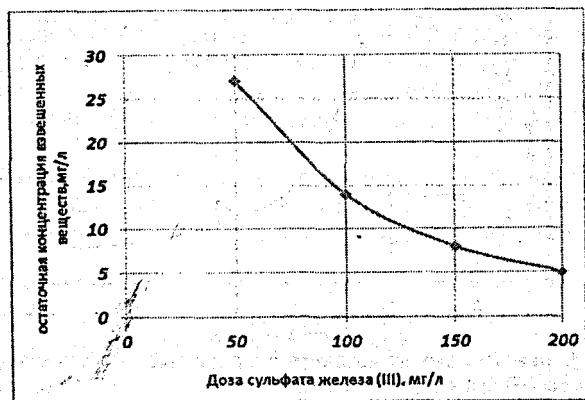


Рисунок 6 – Эффективность применения различных доз сульфата железа (III) при времени отстаивания 60 мин и дозе ПАА 2 мг/л

Из рисунка видно, что требуемая степень очистки дренажных вод была достигнута при дозе сульфата железа (III) 125 мг/л и дозе флокулянта 2 мг/л.

#### Закключение

Результаты выполненных исследований показывают, что реагентная коагуляция с использованием сульфата алюминия и сульфата железа (III) с последующей флокуляцией ПАА позволяет достичь требуемой остаточной концентрации взвешенных веществ в очищенной воде (10 мг/л).

При этом при использовании в качестве коагулянта сульфата алюминия требуются его меньшие дозы по безводному веществу, чем при использовании сульфата железа (III). Преимуществом использования железосодержащих коагулянтов является меньшее время, которое требуется для осветления обрабатываемой воды и меньший объем образующегося осадка.

Для формулировки окончательных выводов по применению реагентной коагуляции для очистки дренажных вод мелового карьера необходимо выполнить дополнительные исследования.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Строкач, П.П.. Практикум по технологии очистки природных вод: уч. пособие / П.П. Строкач, Л.А. Кульский – Мн.: Выш. школа, 1980. – 320 с.
2. Алексеев, М.И. Основы постановки научных исследований по очистке сточных вод: уч. пособие / М.И. Алексеев, Б.Г. Мишуков [и др.]. – ЛИСИ, 1987. – 52 с.

УДК 621.92.001.891.57:744

*Сноп Е.С., Штофен А.С.*

*Научный руководитель: ассистент Мищирук О.М., доцент Шумская Л.П.*

#### ПРИМЕНЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Большинство технических деталей, архитектурные сооружения, различные фрагменты и предметы являются пересечением различных геометрических форм – призм, параллелепипедов, поверхностей вращения и более сложных кривых поверхностей. При