Региональная конференция по научно-техническому творчеству школьников «Лабиринты науки»

Использование осадка обезжелезивания воды для получения адгезионной добавки

Выполнила:
Хрусталева Елисавета Андреевна
ученица 11 «ф» класса
ГОУ ЯО «Лицея № 86»

Научный руководитель:
Тимрот Сергей Дмитриевич
доцент кафедры «Охрана труда и природы» ЯГТУ, кандидат технических наук

Ярославль,

2021

Содержание

1 Введение……..... 3

2 Адгезия битума…… 4

2.1 Изучение процесса адгезии…….. 5

2.2 Применение адгезионной добавки…….. 5

2.3 Принцип действия адгезионной добавки…… 6

2.4 Поверхностно-активные вещества…… 7

2.5 Подземные воды и отходы водоподготовки станций обезжелезивания……..... 7

2.6 Принцип работы станции обезжелезивания……... 8

3 Изучение физико-химических показателей осадка обезжелезивания с помощью экспериментов……..... 12

3.1 Определение влажности шлама методом высушивания до постоянной массы……...……... 8

3.2 Определение массовой доли веществ, нерастворимых в соляной кислоте…… …… 8

3.3 Фотометрический способ определения железа с роданидом калия KSCN……..……..... 9

3.3 Определение качества приготовленного стандартного раствора железа фотометрическим методом с KSCN…… 10

3.4 Определение качества сцепления битумного вяжущего с поверхностью щебня……. 11

3.5 Изучение магнитных свойств и определение плотности отхода обезжелезивания…… 12

4 Заключение…… 13

5 Список источников…… 14
6 Приложения…… 18

1 Введение

В последние десятилетия в общественном сознании экологические проблемы занимают ведущее место. Это связано с ростом производства и усиливающимся его воздействием на окружающую среду.

Повышенное содержание железа - одна из главных проблем воды. В России значительная доля ресурсов подземных вод представлена железосодержащими водами, что чрезвычайно осложняет их использование для хозяйственно-питьевых целей. Несмотря на то, что железо является необходимым элементом в питании человека, его поступление в организм в больших количествах может приводить к различным негативным явлениям.

В ходе очистки железосодержащих вод на станциях водоподготовки при промывке фильтров возникают большие объемы сточных вод, которые представляют собой суспензию железосодержащего осадка, выделенного в ходе технологического процесса нередко являющегося источником загрязнения окружающей среды.

Существует много способов утилизации, но все они недостаточно эффективны. В связи с этим была выдвинута следующая цель: найти пути наиболее эффективного использования осадка обезжелезивания.

В ходе работы были решены следующие задачи:

1. Изучить по литературным данным адгезию битума.
2. Изучить свойства осадка обезжелезивания.
3. Освоить методики определения физико-химических показателей осадка.
4. Провести необходимые исследования.
5. Определить свойства осадка обезжелезивания.
6. Выявить наилучший способ использования железосодержащего осадка.

2 Адгезия битума

2.1 Изучение процесса адгезии

Адгезия (прилипание) – связь между приведенными в контакт разнородными поверхностями твердых или жидких фаз.

Широко известен факт разрушения дорог под воздействием воды, это происходит в следствии недостаточно прочной химической связи на границе раздела фаз битум-каменный материал, основной характеристики на пути получения эффективного асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги. Сцепление битума с поверхностью минеральных материалов в водной среде является свойством, определяющим водоустойчивость асфальтобетонов и долговечность асфальтобетонных покрытий.

Материалы на основе битумов в процессе работы в дорожной одежде подвергаются воздействию жидких сред, главным образом воды. В результате образуется система, когда на поверхности каменного материала распределена пленка битума, окруженная водой. В такой пленке всегда имеются слабые зоны, неоднородности, очаги минеральной поверхности, не покрытой битумом, через которые вода проникает к зоне контакта битума.

Вода, являясь полярной жидкостью, хорошо распределяется по поверхности каменных материалов и, проникая под пленку битума, отслаивает ее. В дорожном покрытии это происходит в периоды больших осадков осенью или при таянии снега и льда весной, а в регионах с жарким и влажным климатом во время обильных осадков летом.

2.2Применение адгезионной добавки

Адгезионная добавка нужна для улучшения адгезии битума к минеральной поверхности. Также адгезионные добавки (или присадки) предназначены для обеспечения сцепления дорожных битумов с каменными материалами в составе асфальтобетона.

Адгезионные добавки изменяют поверхностные свойства и полярность несовместимых материалов. Это облегчает установление сильной связи между битумом и каменным материалом, которая оказывает сопротивление отслаивающему действию воды в течение всего срока службы дорожного покрытия.

2.3 Принцип действия адгезионной добавки

По специфике химического состава битум характеризуется достаточно низкой полярностью, в то время как вода имеет чрезвычайно высокую полярность. Битумы, в особенности сорта с высоким показателем кислотности, проявляют тенденцию к приобретению незначительного отрицательного заряда. Поэтому проблема слабой адгезии характерна, в основном, при применении кислых (отрицательно заряженных) каменных материалов.

Адгезионные добавки представляют собой молекулы поверхностно-активного вещества (ПАВ).

2.4 Поверхностно-активные вещества

Поверхностно-активные вещества – это углеводороды, при растворении малого количества которых в жидкости ее поверхностное натяжение сильно снижается. В случае асфальтобетона – поверхностное натяжение возникает на границе раздела фаз между битумом и поверхностью каменных материалов.

Особенностью поверхностно-активных веществ является несимметричность строения их молекул. Одна часть молекулы представлена углеводородным радикалом, вторая – полярной группой, которая имеет дипольный момент и достаточно большое силовое поле.

По заряду полярной группы ионогенные ПАВ могут быть анионными и катионными.

Анионные ПАВ несут отрицательный заряд («-»). В качестве анионных ПАВ используют соли щелочных металлов карбоновых кислот, получаемых из животных жиров или растительных масел.

Катионные ПАВ имеют положительный заряд («+»), создаваемый наличием в них атома азота.

Существуют Амфотерные ПАВ, содержащие, как правило, два заряда, проявление заряда таких веществ зависит от pH раствора.

Не стоит забывать, что каменный материал может быть кислого типа (при тенденции к отрицательному заряду поверхности) или щелочного типа (при тенденции к положительному заряду поверхности). К кислым каменным материалам относятся материалы с высоким содержанием кремния, а щелочные каменные материалы содержат карбонаты.

2.5 Подземные воды и отходы водоподготовки станций обезжелезивания

В ходе очистки железосодержащих вод на станциях водоподготовки при промывке фильтров возникают большие объемы сточных вод, которые представляют собой суспензию железосодержащего осадка (ЖСО), выделенного в ходе технологического процесса, нередко являющегося источником загрязнения окружающей среды. В составе твердой фазы суспензии максимальная доля приходится на оксидногидроксидные соединения железа, остальное составляют оксиды кремния, кальция, магния с незначительными примесями других элементов. Объемы образующегося на станциях обезжелезивания подземных вод ЖСО достаточно велики.

В отечественной практике до 1970-х гг. ЖСО и необработанные промывные воды в основном сбрасывались в поверхностные водоемы или в канализационные сети; в последующие годы сброс осадка и необработанных промывных вод в водные объекты был запрещен. Сброс Fe-содержащих промывных вод и осадка в канализационные сети вызывает необходимость

увеличения пропускной способности канализационных очистных сооружений и увеличивает вероятность засорения сетей.

Считается, что ЖСО является малоопасным веществом 4-го класса опасности, поэтому его можно (после обезвоживания) складировать на полигонах или в накопителях. В то же время химический состав и геохимические особенности ЖСО изучены недостаточно полно, поэтому не исключено, что в каждом конкретном случае его опасность для окружающей среды должна устанавливаться специальными исследованиями.

2.6 Принцип работы станции обезжелезивания

Технологическая схема включает два основных цикла:

1. методом вакуум-фильтрования - очистка грязных промывных вод и извлечение ЖСО в концентрированном влажном виде.
2. обработка влажного ЖСО.

Химизм процесса обезжелезивания демонстрирует уравнение реакции:

$4Fe(HCO3)2 + O2 + H2O \Rightarrow 4Fe(OH)3 + 8CO2$

Данная технология нейтрализации и обезжелезивания кислых природных и сточных вод предусматривает использование коррозионно-стойких материалов и наличие водозаборного сооружения, камеры аэрации и введения известнякового штыба, в которой должно происходить интенсивное перемешивание воды со штыбом с одновременным аэрированием воды (по 10- 20 мин на каждую порцию воды). Аэрирование обеспечивают с помощью воздушных компрессоров. Устройство камеры должно предусматривать выведение из нее осадков. Для этого можно применять многосекционную конструкцию камеры конусообразной формы контактного резервуара, служащего для завершения процесса окисления двухвалентного железа в трехвалентное и полной нейтрализации воды.

3 Изучение физико-химических показателей осадка обезжелезивания с помощью экспериментов

3.1 Определение влажности шлама методом высушивания до постоянной массы.

Навеска испытуемого жидкого вещества: m = 9,86 г.

Навеска после сушки вещества: m_1 = 0,89 г.

Содержание воды:

X = 100% − (G1/G2· 100%) = 100% − (0,89/9,86∗ 100%) = 91%

Содержание твёрдого вещества: 9%

Вывод: в осадке обезжелезивания содержится много воды, сухого вещества менее 10%.

3.2 Определение массовой доли веществ, нерастворимых в соляной кислоте

1. Растворение в HCl:

Отобранная навеска высушенного отхода для растворения: 0,3085 г.

Объём соляной кислоты для растворения: 30 мл.

Масса фильтра с не растворившимися соединениями: 5,58 г.

2. Сжигание фильтра:

Масса пустого тигля: 65,6037 г

Масса тигля с нерастворимыми соединениями после сжигания: 66,6446 г.

Масса нерастворимых веществ = 66,6446 – 65, 6037 = 0,0589 г.

Массовую долю веществ нерастворимых в соляной кислоте рассчитывают по формуле:

X =0,0589/0,3085 · 100% = 19%

Нерастворимыми соединения SiO2, Al2O3. Осадок обезжелезивания является растворимым.

3.3 Фотометрический способ определения железа с роданидом калия KSCN

Метод основан на определении винно-красной окраски, свойственной комплексам, образуемым ионами трехвалентного железа и роданид-ионами. Эти комплексы малоустойчивы, поэтому необходим большой избыток роданид-ионов, подавляющих диссоциацию комплекса. Процесс взаимодействия ионов трехвалентного железа с роданид-ионами протекает согласно уравнению:

$Fe^{3+} + 3\ CNS^{-} = Fe(CNS)_3$

Так как в воде имеются соединения Fe2+ и Fe3+, то для того, чтобы перевести соединения двухвалентного железа в Fe3+ к воде добавляют персульфатаммония или перекись водорода.

Методика определения

В мерную колбу на 50 мл отбирают исследуемую воду, затем добавляют 1 мл р-ра HCl, 1 мл перекиси водорода, перемешивают и добавляют 1 мл роданида калия. После перемешивания определяют оптическую плотность на ФЭК при длине волны 490 нм (сине-зеленый светофильтр) по отношению к дистиллированной воде, в которую добавлены те же реактивы. Величину концентрации железа находят по калибровочному графику, который строится заранее. Если по качественной реакции концентрация железа оказалась 1,0 и более мг/л, то перед количественным определением пробу воды следует разбавить дистиллированной водой. Для этого берут исследуемую воду в количестве менее 50 мл (10,20,25 мл) и доводят объем до 50 мл дистиллированной водой. При расчете результатов учитывают величину разбавления.

Массовую концентрацию общего железа вычисляют по формуле:

(мг/дм3), где

X – массовая концентрация общего железа в мг/дм3,

C – концентрация железа, найденная по калибровочному графику, мг/дм3,

V – объем пробы воды, взятый для определения, мл

За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 25%.

Градуировочный график представлен на рисунке 7.

3.4 Определение качества приготовленного стандартного раствора железа фотометрическим методом с KSCN

Объём пробы – 10 мл.

Длина волны КФК = 490 нм.

Оптическая плотность D холостой пробы = 0,036

Оптическая плотность пробы = 0,967

Фактическая оптическая плотность пробы:

D = 0,967 – 0,036 = 0,931

Определив по градуировочному графику изменение цветового диапазона в зависимости от содержания тяжелых металлов делаем пересчёт концентрации на взятый объём пробы:

$9{,}6 * 100/10 = 96$мг/л= 96 мкг/мл

Процент ошибки составляет:

$P = 100 – 96/100 * 100 = 4\%$

Вывод: был приготовлен стандартный раствор железа. Теоретическая концентрация раствора должна составлять 100 мкг/мл. Процент ошибки не превышает допустимую, поэтому стандартный раствор можно назвать качественным и использовать, как основной стандартный раствор железа.

Информация о физико-химических свойствах отхода станций обезжелезивания подземных вод содержится в таблице 1.

3.5 Определение качества сцепления битумного вяжущего с поверхностью щебня

1. Погружение высушенного щебня без покрытия его адгезионной добавкой в битумное вяжущее.

В данном случае, адгезионной добавкой является переработанный отход станции обезжелезивания природных вод, состав которого определён в пунктах 3.2.1 - 3.2.3

Качество сцепления без добавления адгезионных добавок визуально можно оценить на два балла в соответствии с рисунком 2.

2. Щебень обрабатывался адгезионной добавкой после сушки и затем погружался в битумное вяжущее.

Качество сцепления без добавления адгезионных добавок визуально

можно оценить на три балла в соответствии с рисунком 3.

3. Щебень обрабатывался адгезионной добавкой до сушки и затем погружался в битумное вяжущее.

Качество сцепления без добавления адгезионных добавок визуальноможно оценить на пять баллов в соответствии с рисунком 4.

Как видно из полученных данных, наилучший эффект проявляется на образце, обработанным добавкой до сушки. Его качество сцепления составляет по стандарту 5 баллов. При обработке по второму варианту качество сцепления составило по стандарту 4 балла. Необработанный образец имеет плохое качество сцепление оценкой в 2 балла.

Данная зависимость может объясняться тем, что при нанесении добавки на горячий щебень нарушается равномерность покрытия его активатора за счет быстрого испарения воды. Таким образом следует наносить активатор на холодные минеральные материалы.

3.6 Изучение магнитных свойств и определение плотности отхода обезжелезивания

Экспериментальные данные представлены в сводной таблице 2

4.1 Определение плотности пикнометрическим методом

$m_{пик}$ 1 = 5,5254 г.; $m_{пик} + m_{воды}$ 1 = 11,1967 г.

$m_{пик}$ 2 = 6,0251 г.; $m_{пик} + m_{воды}$ 2 = 11,3674 г.

$m_{пик}$ 3 = 5,5515 г.; $m_{пик} + m_{воды}$ 1 = 11,2311 г.

Водное число пикнометров:

V_1 =11,1967 − 5,5254/0,9982 = 5,6815 мл.

V_2 =11,3674 − 6,0251/0,9982 = 5,3519 мл.

V_3 =11,2311 − 5,5515/0,9982 = 5,6898 мл.

Видимая плотность:

РИсх =(6,1206−5,5254)/5,6815− (11,5501−6,1206)= 2,3773 г/см^3

Р350 =(6,2377−5,5254)/5,6815− (11,6640−6,2377)= 2,7911 г/см^3

Р400 =(6,7667−6,0251)/5,3519− (11,9290−6,7667)= 3,39113 г/см^3

P450 =(6,6869−5,5254)/5,6815− 5,2579= 2,7443 г/см^3

P500 =(7,2356−5,9165)/5,6815− (12,1593−7,2356)= 3,0805 г/см^3

P550 =(6,9236−5,4529)/5,6898− (12,1441−6,9236)= 3,1338 г/см^3

P600 =(7,2735−5,5254)/5,6815− (12,3158−7,2735)= 2,7363 г/см^3

P650 =(7,8879−5,9165)/5,3519− (12,6372−7,8879)= 3,2714 г/см^3

P700 =(6,9682−5,5239)/5,6815− (12,1868−6,9682)= 3,1200 г/см^3

P750 =(7,6053−5,9163)/5,3519− (12,5571−7,6053)= 4,2214 г/см^3

P800 =(7,2175−5,4526)/5,6898− (12,4963−7,2175)= 4,2941 г/см^3

Динамика изменения плотностей в зависимости от температуры прокаливания представлена на рисунке 5.

Самые высокие плотности наблюдаются в образцах, прокалённых при 750-800 ^{0}C.

В дальнейшем будет выявлено, как температура влияет на магнитные свойства.

4 Заключение

1. В ходе работы после проведения ряда исследований было установлено, что осадок обезжелезивания можно использовать в качестве адгезионной добавки.
2. Наилучший эффект проявляется на образце, обработанном добавкой до сушки минеральных компонентов, так как качество сцепления по стандарту 4 балла.
3. В работе было изучено изменение плотности отхода очистки воды от температуры прокаливания. Установлено, что самые высокие плотности наблюдаются в образцах, прокалённых при 750-800 0С.
4. В дальнейшем планируется определение оптимальной температуры, при которой можно получить высокие магнитные свойства изучаемого материала. А также можно рассмотреть использование осадка в качестве магнитного вещества.

5 Список источников

1. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М.: Наука, 2004. – 677 с.

2. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, фтора, марганца и сероводорода. – М.: Стройиздат, 1975. – 176 с.

3. Химическая энциклопедия: В 5 т.: Т. 1. – М.: Сов. энциклопедия, 1988. – 623 с.

4. Янин Е.П. Осадок железосодержащих подземных питьевых вод (образование, особенности, проблемы утилизации) // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды, 2008, № 4, с. 26–57.

5. Любарский В.М. Осадки природных вод и методы их обработки. – М.: Стройиздат, 1980. – 128 с.

6. Усова Н.Т., Кутугин В.А., Лотов В.А., Лукашевич О.Д. Композиционные материалы на основе высоко-железистого шлама водоподготовки // Известия Томского политехнического университета, 2011, т. 319, № 3, с. 36–39.

7. Лукашевич О.Д., Андрейченко А.А., Алгунова И.В. Вопросы ресурсосбережения и охраны природы при использовании осадков промывных вод // Вестник ТГАСУ, 2003, № 2, с. 252–259.

8. Любарский В.М. Осадки природных вод и методы их обработки. – М.: Стройиздат, 1980. – 128 с.

6 Приложение 1

Таблица 1 Результаты экспериментов.
Физико-химические свойства отхода станций обезжелезивания сточных вод

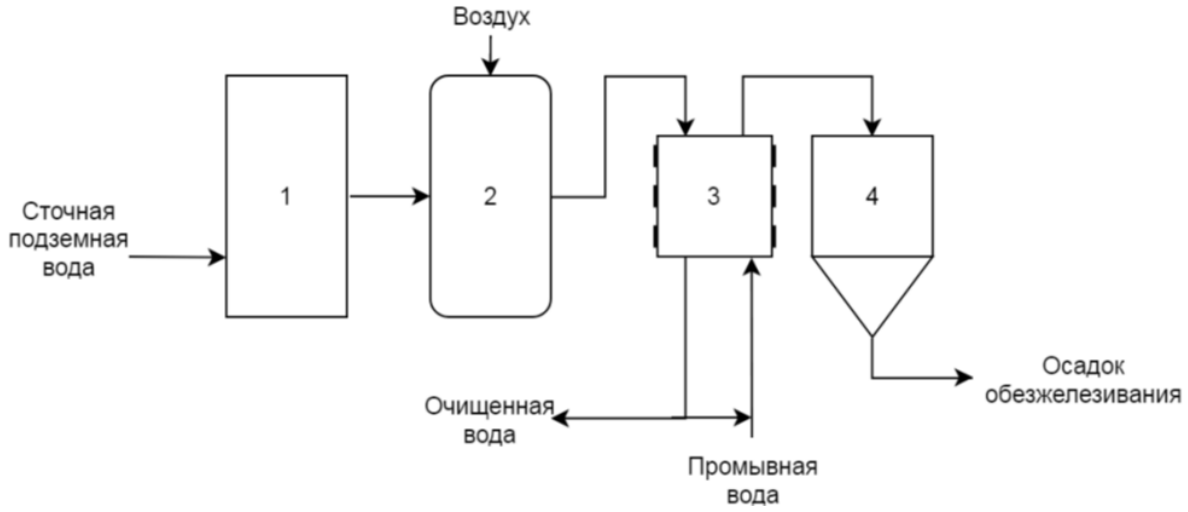
Номер опыта	Влажность, %	Массовая доля нерастворимых веществ, %	Массовая доля железа, %	Массовая доля ионов, г.	
				Fe^{2+}	Fe^{3+}
1	91	19	85	1,0965	0,34
2	90	18,7	83,3	0,8930	0,38
3	91	18,8	83,1	0,9567	0,40

Таблица 2
экспериментальные данные определения плотности образца при определённой температуре прокаливания

$T_{прокаливания}$	Масса пикнометра с образцом, г	Масса пикнометра с образцом и водой, г
исходное	6,1206	11,5501
350	6,2377	11,6640
400	6,7667	11,9290
450	6,6869	11,9448
500	7,2356	12,1593
550	6,9236	12,1441
600	7,2735	12,3158
650	7,8879	12,6372
700	6,9682	12,1868
750	7,6053	12,5571
800	7,2175	12,4963

Приложение 2

Рисунок 1 - Технологическая схема нейтрализации и обезжелезивания воды



1 - водозаборное сооружение, 2 - камера аэрации, эжектор , 3 – насыпной фильтр, 4 – отстойник

Рисунок 2 Щебень без активатора



Рисунок 3 Щебень с высушенным активатором



Рисунок 4 Щебень, обработанный до высушки



Рисунок 5 динамика изменения плотностей в зависимости от $T_{прок}$

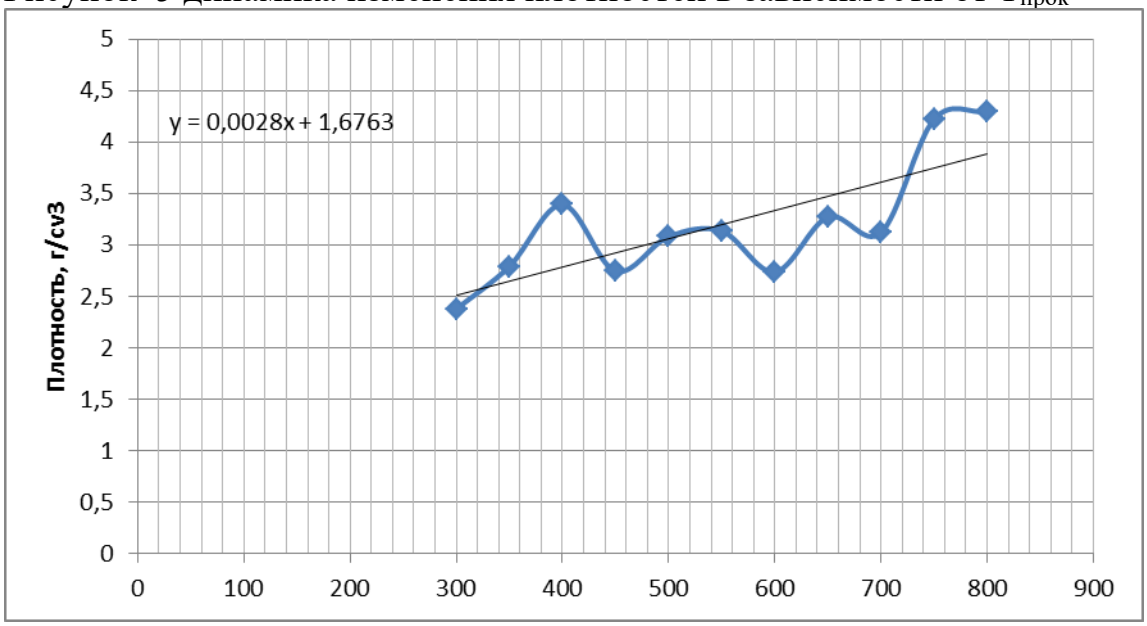


Рисунок 7 Градуировочный график для фотометрического определения

железа с роданидом калия

