

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА НОВЫХ СОРБЕНТАХ

Буравлев В.О. – студент, Кондратюк Е.В. – аспирант
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На сегодняшний день ни у кого не вызывает сомнений, что создание и исследование новых композиционных материалов зачастую позволяет добиваться более высоких результатов, нежели использование уже ставших традиционными. Одной из проблемных областей большинства промышленных производств, завязанных на использовании воды, является очистка сточных вод. И наиболее важным является устранение загрязнения стоков ионами тяжелых металлов.

В настоящее время для очистки сточных вод используется достаточное количество исследованных и отработанных методов. Среди них довольно перспективным является очистка воды от ионов тяжелых металлов с помощью сорбции. Современная промышленность выпускает большое количество ионитов, активированных углей, силикогелей и других сорбентов, способных очищать воду до требуемых параметров. Все они имеют свои недостатки, но использование новых композиционных материалов позволяет частично скомпенсировать их. К таким материалам можно отнести базальтовое волокно модифицированное частицами бентонитовых глин. Этот волокнистый сорбент выгодно сочетает в себе высокую удельную поверхность и хорошие ионообменные свойства.

Большинство характеристик традиционных сорбентов хорошо изучены и имеют математическое описание, что позволяет моделировать поведение материала в новых условиях с помощью компьютерных средств. Волокнистые сорбенты остаются еще мало изученными и для них отсутствуют какие-либо удовлетворительные математические модели. Это вызвано отсутствием какой-либо четкой структурированности материала, а так же особенностями химического состава, в частности строением ионообменных групп.

Для создания достаточно точной модели поведения сорбента, необходимо знать его основные параметры: период фильтроцикла, продолжительность регенерации, статическую и динамическую обменные емкости. Очень важным является так же получение общего уравнения процесса, которое учитывает влияние каждого из факторов, влияющего на проведение сорбции. Это уравнение позволит прогнозировать поведение сорбента, не только в частных случаях, но и при любых условиях проведения процесса. На ранних этапах исследования очень важным является графическая обработка данных, а так же хорошая корреляция данных между собой. Это поможет вовремя увидеть нежелательные тенденции и ошибки в планировании эксперимента. Проще всего обработку данных производить с помощью компьютерных средств. Самой распространенной из программ служащих для обработки статистических данных, построения графических моделей и планирования эксперимента является «Statistica». Этот вычислительный комплекс использован в наших исследованиях.

Для проведения эксперимента в лабораторных условиях нами была создана установка, состоящая из емкостей заполненных модельным раствором, насосов, для поддержания необходимого гидравлического режима и самих модулей наполненных сорбентом. Через модули равномерно пропускались модельные растворы с концентрациями висмута: 0,5; 2,5; 5 мг/л. Пробы отбирались каждые 5 литров и фиксировалось время и концентрация висмута в воде.

На основе полученных и рассчитанных данных были построены графики зависимости эффективности очистки от объема пропущенного раствора при трех различных концентрациях.

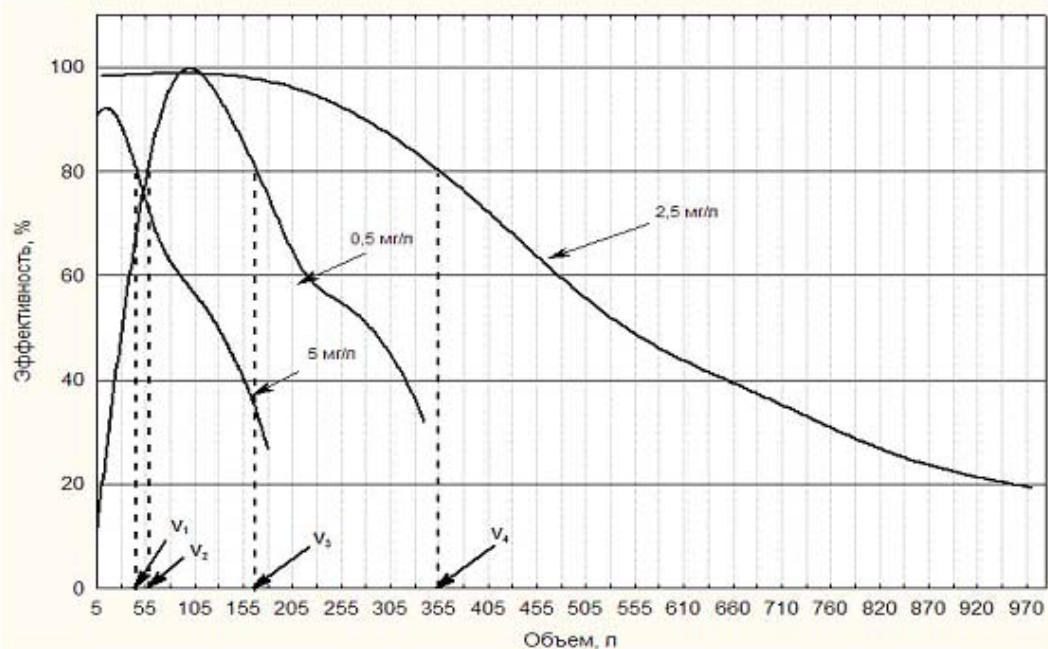


Рисунок 1—Зависимости эффективности очистки воды содержащей ионы висмута от пропущенного через сорбент объема модельного раствора при различных начальных концентрациях

По полученным данным видно, что наибольший эффект очистки (99%) наблюдается при начальной концентрации раствора 0,5 мг/л и на участке лежащем между V_2 – V_3 (соответственно 55 и 160 л). При концентрации 5 мг/л приемлемый эффект очистки (больше 80%) наблюдается лишь на протяжении первых 50 л, а при начальной концентрации 2,5 мг/л необходимый эффект очистки (более 80%) является самым продолжительным 355 л.

Характер полученных зависимостей можно объяснить наличием у ионов атмосфер различного размера при различной начальной концентрации раствора. Так, например, при 0,5 мг/л ионные атмосферы ионов наибольшие (Рисунок 2, А), а при 5 мг/л они значительно меньше (Рисунок 2,Б). Так в случае (Рисунок 2, А), лишь небольшое количество ионов попадает в зону притяжения активных центров, где происходит ионный обмен, большая их часть «пролетает» эти участки. Этим можно объяснить поведение кривой до участка эффективной работы. После окончания этого участка кривая устремляется в низ, это связано с тем, что доступные активные центры постепенно экранируются ионными атмосферами висмута, а также тем, что ионы с большой ионной атмосферой не имеют возможности попасть во все поры. В случае, когда концентрация равна 5 мг/л, эффективный участок работы был наименьшим (около 50 литров), по той причине, что происходит быстрая и неэффективная закупорка пор, а так же интенсивный расход свободных активных центров (Рисунок 2, Б). По этим причинам кривая после 50 л резко спускается вниз. В случае, когда концентрация равна 2,5 мг/л, эффективный участок наиболее продолжителен. Это связано с более оптимальными размерами ионосферы и распределения по сечению канала.

Путем не сложных математических операций становится ясно, что наименьшее количество загрязнений фильтр поглотил при концентрации ионов 0,5, далее следует концентрация 5 мг/л и 2,5 мг/л. Это можно объяснить тем, что количество ионов одновременно располагающихся на активном центре ограничивается размерами ионосферы (Рисунок 3), при большей концентрации (А) и наименьшей (Б). Преимущество концентрации 2,5 мг/л перед остальными складывается из более оптимального размера ионосферы и более равномерного поглощения ионов активными центрами.

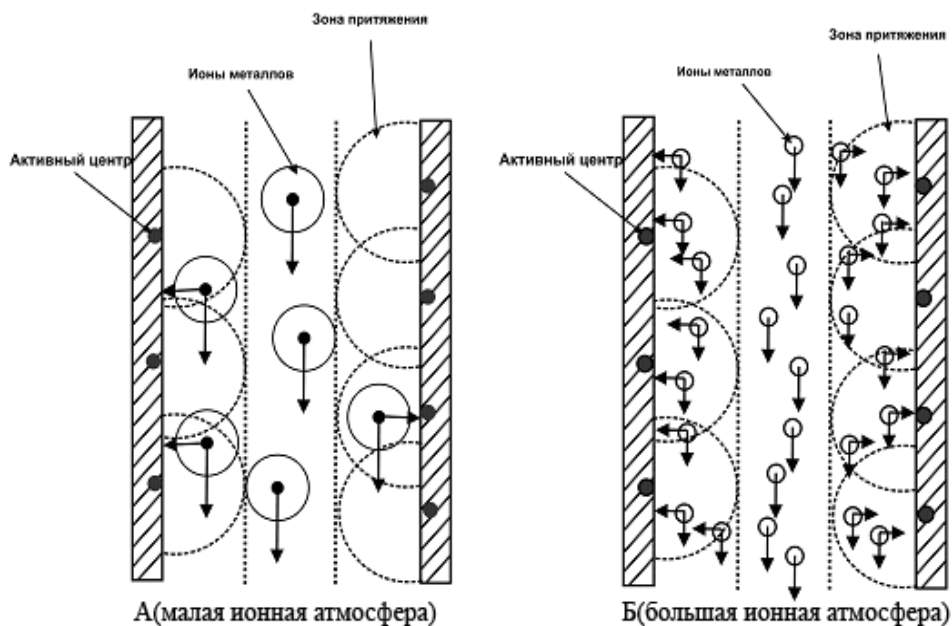


Рисунок 2 – Предположительное движение ионов, окруженных ионной атмосферой в каналах и порах сорбента

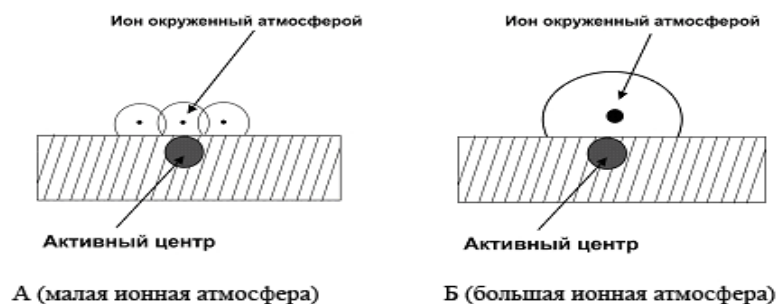


Рисунок 3 – Расположение ионов на активных центрах в зависимости от размеров ионосферы

На данном этапе работы видно, что между полученными данными имеются закономерности и они поддаются математической обработке.

На дальнейших этапах исследований потребуется проведения полного факторного эксперимента, для получения общего уравнения с учетом значимости каждого фактора, дальнейший анализ получаемых данных. Важной целью является создание математической модели, которая могла бы объяснять поведение сорбента при очистки воды содержащей несколько видов ионов одновременно, так как именно такой случай на практике считается самым распространенным.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СВИНЕЦСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД НА НОВЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Назарова М.Г. – студент, Кондратюк Е.В. – аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Производства, связанные с химической и электрохимической обработкой металлов, являются одними из наиболее опасных для окружающей среды. Попадание неочищенных или плохо очищенных сточных вод, содержащих тяжелые металлы, в природную среду приводит к экологическому ущербу. Поэтому вопросы эффективной очистки сточных вод в процессах обработки металлов в настоящее время весьма актуальны.

Для уменьшения экологической опасности гальванических производств, химической и нефтехимической отраслей промышленности разрабатываются и находят применение различные способы извлечения металлов из промывных вод.

Очистка сточных вод базируется на физико-химических и биологических процессах. Необходимость значительных капитальных затрат на строительство очистных установок затрудняет расширение их использования. Сдерживается внедрение современных установок также дефицитом некоторых видов оборудования, материалов и химикатов. Поэтому главными задачами являются разработка новых и совершенствование существующих способов очистки, позволяющих снизить капитальные затраты на очистку воды, организация замкнутых систем водоснабжения предприятий и внедрение автоматизации и механизации, которые обеспечат уменьшение эксплуатационных расходов.

Глубокая очистка сточных вод не только позволит улучшить состояние окружающей среды, но и будет способствовать утилизации ряда ценных металлов на производстве.

Целью настоящей работы является исследование очистки сточных вод от ионов свинца (II) с применением новых сорбционно-ионообменных композиционных материалов на основе модифицированных базальтовых волокон на ЗАО «Алтайлюминофор».

В настоящее время для очистки сточных вод используют различные методы: реагентные, ионообменные, электрохимические, термические и другие.

При производстве оксида свинца (свинцового глета), который входит в состав полимерных композиций для повышения их плотности и экранирующей способности от жестких излучений. Основным сырьем является паста, содержащая сульфат свинца, которая в свою очередь получается путем обработки боя свинцовых аккумуляторов.

Технологический процесс получения свинцового глета состоит из следующих стадий: подготовка сырья; десульфатация пасты кальцинированной содой, сушка, прокалка; стадия выщелачивания прокаленного осадка азотной кислотой, выпаривание, сушка готового азотнокислого свинца; переосаждение свинцового глета натриевой щелочью, сушка готового свинцового глета; получение трехосновного сульфата; накапливание готового продукта.

Все промывные воды и маточные растворы, не используемые в дальнейшем технологическом процессе, собирают в сборнике-накопителе. После перекачивают в реактор для очистки от неорганических солей свинца. Очистка производится расчетным количеством 10%-го раствора сернистого натрия.

Наиболее опасным и губительным для окружающей среды является ион свинца, который негативно сказывается на микроорганизмах присутствующих в озере, нарушает их деятельность, и в итоге приводит к нарушению биохимических процессов самоочищения природного водоема. Существующая реагентная система очистки стоков является затратной, так как при этом теряется ценный оксид свинца, который является товарным продуктом. Кроме того, при применении избытка сернистого натрия происходит вторичное загрязнение воды.

В связи с этим, предлагается использовать сорбционные методы очистки сточных вод от ионов свинца при производстве свинцового глета на ЗАО «Алтайлюминофор». А именно, заменить реагентную очистку на сорбционно-ионообменную.

Применение ионообменного метода очистки позволяет сократить расход свежей воды на 90% за счет возврата частично обессоленной воды в технологический процесс. При этом ионы тяжелых металлов можно извлечь практически полностью.

Для изучения фильтровально-сорбционных свойств новых материалов был создан базальто-бентонитовый композиционный материал, представляющий собой базальтовое волокно с нанесенным на его поверхность бентонитом – «Бентосорб». Для этого использовалось минеральное базальтовое волокно и три разновидности бентонитов Таганского месторождения различных горизонтов.

Нами были проведены опыты по определению статической и динамической емкости бентонитов. Статическую емкость определяли по трем видам бентонитов: серого, смешенного и розового Таганского месторождения. Результаты эксперимента подтвердили

высокую сорбционно-ионообменную емкость материалов. В дальнейшем для изучения динамической емкости в качестве модифицирующей добавки нами был выбран бетонит смешанный, вследствие самой высокой сорбционной емкости среди изучаемых образцов – 61 мг/г.

Для изучения динамической обменной емкости был проведен ряд экспериментов на пилотной установке в динамических условиях на активированном бентоните.

На рисунке представлена графическая зависимость эффективности очистки (Ξ) от объема (V) пропущенного раствора свинца.

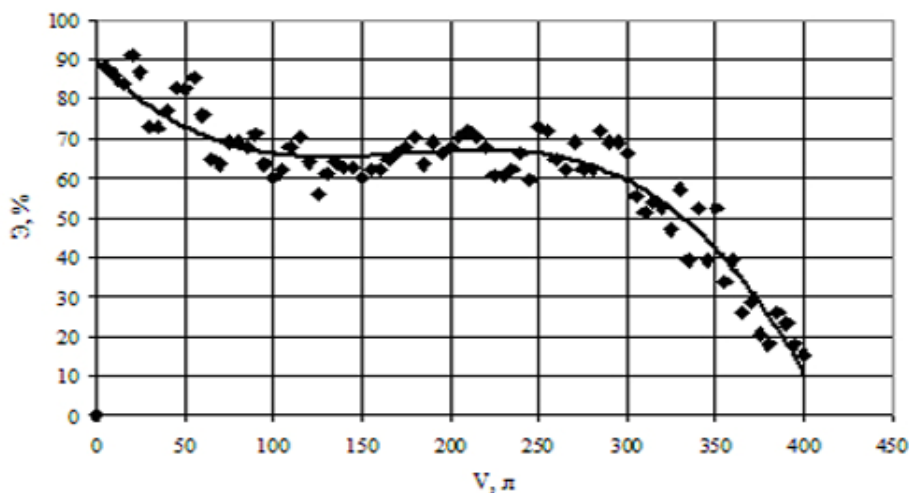


Рисунок 1 – Зависимость эффективности очистки (Ξ) свинецсодержащих вод от объема (V) пропущенного раствора профильтрованного на «Бентосорбе» при концентрации ионов Pb^{2+} в растворе 2,5 мг/л

Из представленного графика видно, что эффективность очистки на «Бентосорбе» в период первых профильтрованных литров воды достигает 90-92%. Высокая эффективность очистки сохраняется в течение фильтрования последующих 50-ти литров, после чего начинает снижаться, что говорит о насыщении доступных слоев сорбента ионами Pb^{2+} , и сохраняется в течение фильтрования 200 литров равной 65-68%.

Для восстановления сорбционных свойств материала были проведены эксперименты по его регенерации. Регенерацию проводили раствором хлорида натрия концентрацией 40 г/л. Регенерационный раствор, объемом 20 литров пропускался через отработанный материал. После регенерации материал промывался водой, объем промывных вод составлял 40 литров. Данные по регенерации представлены на рисунке 2.

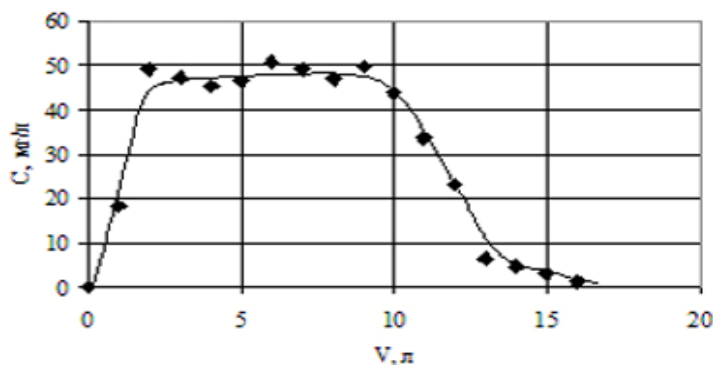


Рисунок 2 – Зависимость концентрации ионов Pb^{2+} (C) в регенерационном растворе от пропущенного объема (V) при концентрации ионов Pb^{2+} в растворе 2,5 мг/л

Анализируя полученные данные, можно сказать, что регенерация «Бентосорба» возможна, но количество свинца, вымываемого регенерационным раствором, недостаточно, чтобы полностью восстановить адсорбционные свойства фильтрующей загрузки. Для этого необходимо подобрать регенерационные растворы и нужные параметры регенерации.

После регенерации проводились эксперименты по повторному пропусканию модельных свинецсодержащих растворов через восстановленный сорбент, данные представлены на рисунке 3.

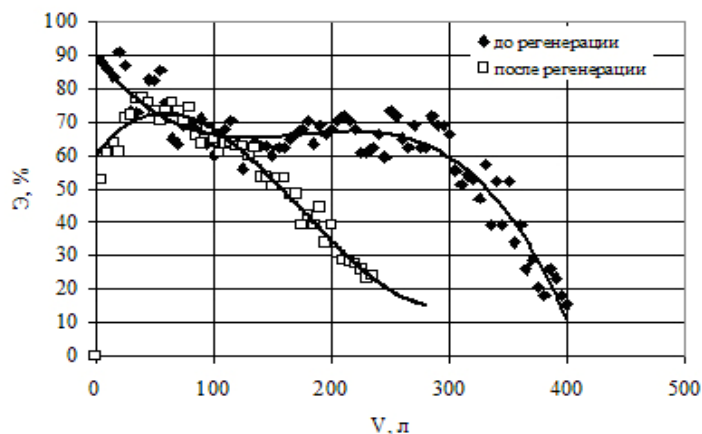


Рисунок 3 – Сравнение эффективности очистки свинецсодержащего раствора (Э) от объема пропущенного раствора (V) на «Бентосорбе» до и после регенерации при исходной концентрации свинца 2,5 мг/л

При сравнении графиков эффективностей очистки раствора до и после регенерации на рисунке 3 видно, что эффективность снизилась на 50%, исходя из этих данных возможно предположить неоднократную регенерацию «Бентосорба».

Низкая стоимость исходного материала, высокая степень очистки сточных вод от ионов свинца (II) свидетельствует о возможности применения нового фильтровально-сорбционного материала «Бентосорб» для очистки стоков на химических предприятиях.

ОЧИСТКА ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ НА НОВЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Портненко Л.В. - студент, Кондратьев Е.В. - аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одной из наиболее актуальных экологических проблем является предотвращение загрязнения водных объектов, в первую очередь — поверхностных водоемов, промышленными сточными водами, содержащими тяжелые металлы, так как они не разлагаются в окружающей среде и участвуют в биологическом круговороте веществ. К тяжелым металлам относятся более 40 химических элементов периодической системы Д.И. Менделеева, атомная масса которых составляет свыше 50.

Один из путей снижения количества тяжелых металлов в сточных водах является создание станций доочистки после локальных очистных сооружений. От выбранной технологии очистки зависят не только качество воды, но и габариты сооружений, затраты на их монтаж и эксплуатацию.

Одним из перспективных методов очистки воды от ионов тяжелых металлов является сорбция. К ее достоинствам следует отнести высокую эффективность очистки, высокую концентрирующую способность (1000 - 10000 раз), возможность получения извлеченных металлов в виде однокомпонентных солевых растворов, простое аппаратное оформление, возможность автоматизации. Недостатком метода являются наличие стадии регенерации сорбентов.

Многочисленное количество выпускаемых сорбентов и ионитов позволяет очищать воду практически от любых растворенных соединений.

Для извлечения ионов многих металлов используют различные искусственные и природные пористые материалы, прежде всего активированные угли различных марок, иониты, силикагели, золы, шлак, торф и др. Интенсивно разрабатываются и исследуются

новые сорбционные материалы. К числу перспективных разработок относятся волокнистые сорбенты, полученные путем химической модификации.

Целью нашего исследования является создание новых сорбционно-ионообменных композиционных материалов на основе модифицированных базальтовых волокон и исследование на них процесса очистки воды от ионов висмута.

На ОАО «Алтайхимпром» и его подразделениях существует производства, где образуются стоки, содержащие ионы тяжелых металлов. В настоящее время недоочищенные сточные воды, содержащие ионы металлов (Bi^{3+} , Pb^{2+} , $\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}$) в виду отсутствия соответствующих очистных сооружений поступают в природный водоем – о. Большое Яровое.

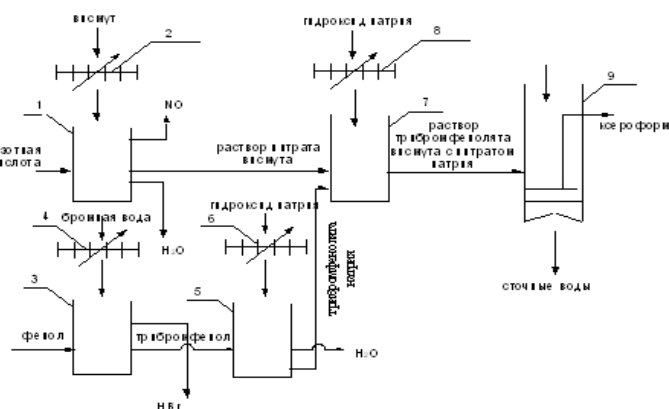
Ионы висмута, загрязняющие озеро являются отходами производства ксероформа (трибромфенолята висмута основного), который служит катализатором при получении акриловых полимеров.

Производство состоит из нескольких стадий, принципиальная схема которых изображена на рисунке 1.

Образовавшиеся сточные воды со стадий промывки аппаратов и готового продукта с рН раствора 9 отправляются на смешение с другими сточными водами и сбрасываются в озеро, вызывая нарушение биологических процессов самоочистки озера, и накапливаются в донном осадке. Данное предприятие не является единственным среди множества химических производств, требующих применения новых эффективных очистных сооружений и материалов.

На основании лабораторных исследований сорбционных свойств базальтового волокна и бентонитовых глин нами был разработан новый фильтровально-сорбционный материал.

Данный сорбент сочетает в себе высокоразвитую поверхность, которая обеспечивается базальтовым волокном и нанесенным на его поверхность бентонитовой глиной.



1 - гидробак для приготовления нитрата висмута; 2,4,6,8 - дозатор;
3 - гидробак для синтеза трибромфенола; 5 - гидробак для получения трибромфенолята натрия; 7 - гидробак для синтеза трибромфенолята висмута; 9 - нутч-фильтр (вакуумный)
Рисунок 1 – Схема производства ксероформа на ОАО «Алтайхимпром»

Были проведены опыты по определению статической и динамической емкости «Бентосорба», которые подтвердили высокую сорбционно-ионообменную емкость материала.

Экспериментально нами были исследованы статические обменные емкости иона Bi^{3+} на сером, смешанном и розовом бентонитах, составляющие от 42 мг/г до 50 мг/г. Для нанесения бентонитовой глины в качестве ионообменного материала на поверхность базальтового волокна был выбран розовый бентонит, из-за большой сорбционной емкости среди изучаемых образцов.

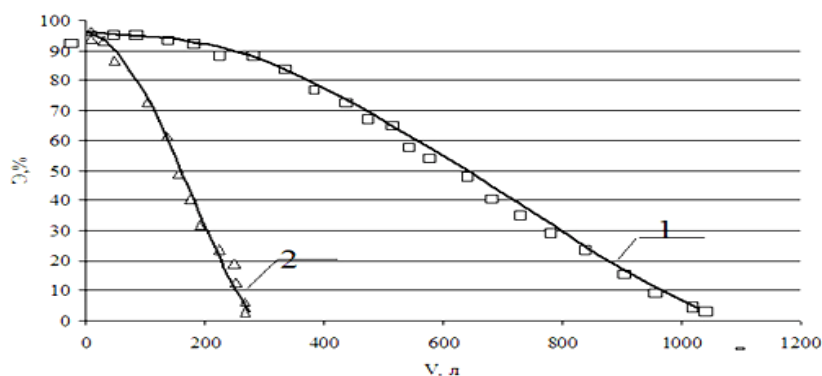
Для проведения экспериментов по доочистке воды путем пропускания ее через слой сорбента в динамических условиях была создана пилотная установка, в которой использовался модуль фильтра «Родник-3М» диаметром 90 мм, заполненный полученным материалом высотой слоя 6 см.

Через колонну со скоростью 2м/ч пропускались модельные растворы с концентрацией ионов висмута: 2,5 мг/л и 5 мг/л. Пробы отбирались через каждые пять литров пропущенного модельного раствора, при этом фиксировалось время фильтрования, концентрация ионов висмута в фильтрате, необходимые для определения фильтроцикла.

На рисунке 2 представлены графические зависимости эффективности очистки висмутосодержащих вод от объема (V) пропущенного модельного раствора висмута (III).

Из рисунка 1 видно, что эффективность очистки при исходной концентрации ионов висмута 2,5 мг/л становится меньше 90% с 330-ого литра, а при концентрации 5,0 мг/л – с 125-ого литра. Динамическая емкость наблюдаемого участка для первого раствора равна 31,25 мг/г, что составляет 70 % от статической емкости, а для второго участка – 42,5 мг/г (99,20 %).

Для восстановления сорбционных свойств материала была проведена его регенерация. Регенерацию проводили водным раствором карбоната натрия с концентрацией 5 % (масс.). Регенерационный раствор, объемом 10 литров пропускался через отработанный материал со скоростью 2,0 м/ч. После регенерации материал промывался водой, объем промывных вод составлял 25 литров.



1 – концентрация раствора 5 мг/л; 2 – концентрация раствора 2,5 мг/л
Рисунок 2 - Зависимости эффективностей (Э) очистки висмутосодержащих вод от объема пропущенного раствора (V)

После регенерации провели эксперименты по повторному пропусканию модельных висмутосодержащих растворов через восстановленный сорбент.

При сравнении эффективности очистки раствора до и после регенерации период фильтроцикла снизился на 20%, исходя из этого, можно сделать вывод о возможности неоднократного применения сорбента после регенерации.

Высокая эффективность очистки сточных вод от ионов висмута (III) свидетельствует о возможности использования нового фильтровально-сорбционного материала для очистки стоков на химических предприятиях.

ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ МАШИН

Микриков Р.В. – студент, Курочкин Э.С. – к.х.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Во многих областях современной техники очень часто приходится встречаться с колебательным движением механических систем (вибрация оборудования, сооружений и их отдельных элементов), которое при неблагоприятных обстоятельствах может вызвать значительные деформации и напряжения, привести к быстрому износу конструкций и даже к их разрушению.

Расчет химического оборудования на виброустойчивость приобрел исключительно важное значение в последние десятилетия, когда в процессах химической технологии стали широко применяться быстрходные машины и аппараты: центрифуги, турбокомпрессоры,

центробежные насосы, конусные дробилки и пальцевые мельницы, сепараторы, аппараты с мешалками и т. д.

Причинами вибрации химического оборудования и его элементов очень часто бывают переменные инерционные силы движущихся частей машин и аппаратов и в частности неуравновешенные центробежные силы вращающихся деталей. Передаваясь фундаменту, вибрация ухудшает условия труда обслуживающего персонала, а также может стать причиной неудовлетворительной работы и даже аварий приборов другого оборудования, находящихся в этом цехе и за его пределами.

Таким образом, снижение уровня вибраций оборудования до допустимых пределов является важным фактором создания нормальных условий труда и повышения надежности и долговечности машин и аппаратов.

Для борьбы с указанными нежелательными явлениями в технике широко используют различные методы виброизоляции машин. Так, применяя виброизолирующие амортизационные устройства, можно уменьшить влияние вибрации машины на опорную конструкцию (фундамент). Уменьшение вибрации достигают установкой между машиной и фундаментом таких упругих амортизаторов, которые обеспечивают уменьшение динамической возмущающей силы, передаваемой от неуравновешенной массы ротора машины на опорную конструкцию.

В качестве упругого элемента амортизатора (рисунок 1) могут быть использованы стальные пружины, резиновые изделия различной формы или изделия из других упругих материалов.

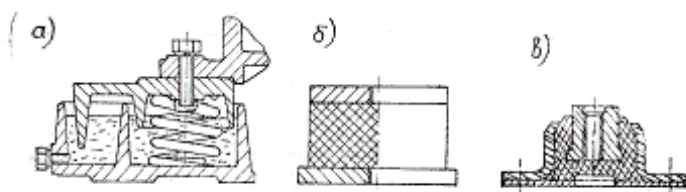
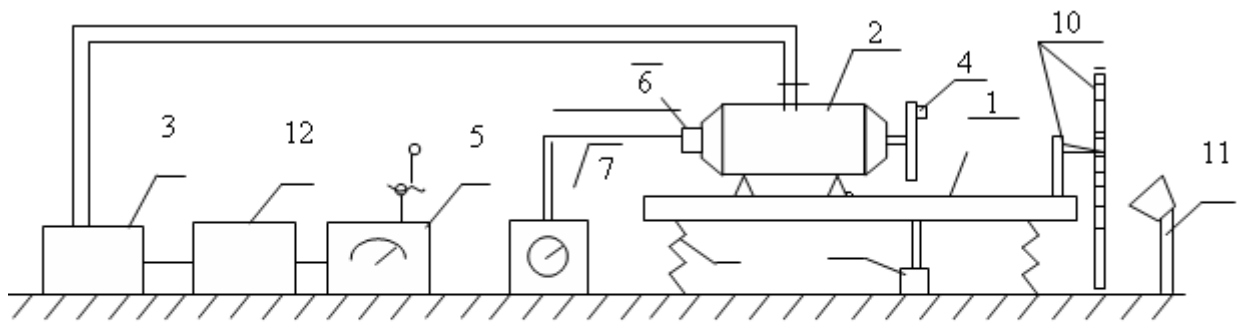


Рисунок 1 - Упругие амортизаторы: а - с пружинами, б, в - с резиновыми изделиями

Амортизаторы помещают непосредственно под корпусом изолируемой машины или под жестким ее основанием (станиной). При конструировании основания следует по возможности сокращать расстояние между центром масс агрегата (машина + основание) и линией действия возмущающей силы, чтобы уменьшить амплитуду колебаний агрегата, установленного на амортизаторы. Коммуникации, соединяющие изолируемую машину с другим оборудованием, должны быть гибкими, а их жесткость значительно ниже жесткости виброизоляторов.

Для изучения виброизоляции нами была сконструирована и смонтирована лабораторная установка, изображенная на рисунке 2.

Лабораторная установка по изучению работы виброизоляции машин представляет собой платформу 1 с установленным на ней электродвигателем постоянного тока 2, получающим питание через выпрямитель 3 от сети переменного тока. На оси двигателя находится диск с эксцентрично установленной массой 4. Частота вращения вала двигателя может изменяться с помощью регулятора напряжения 5. Измерение частоты вращения осуществляется с помощью стендового тахометра, включающего тахогенератор 6 и показывающий прибор 7. Платформа установлена на четырех симметрично расположенных пружинах 8, на линии центра тяжести агрегата имеется гидравлический демпфер 9. По требованиям техники безопасности, вращающиеся части закрыты прозрачным кожухом. Амплитуда колебаний агрегата в вертикальном направлении измеряется с помощью шкалы и стрелки измерительного прибора 10 в свете импульсной лампы стробоскопа 11.



1 – платформа; 2 – электродвигатель; 3 – выпрямитель; 4 – эксцентрично установленная масса; 5 – регулятор напряжения; 6 – тахогенератор; 7 – показывающий прибор; 8 – пружина; 9 – гидравлический демпфер; 10 – измерительный прибор; 11 – стробоскоп; 12 – стабилизатор напряжения.

Рисунок 2 – Стенд лабораторной установки

Целью исследовательской работы являлось изучение виброизолирующего устройства, функционального назначения пружин и гидравлического демпфера.

Параметры установки следующие: масса агрегата с опирающейся на пружины платформой $m = 8,25$ кг. Неуравновешенная масса ротора $m = 0,0265$ кг, эксцентриситет $e = 4,5$ мм. Пружины из стали с модулем сдвига $G = 8,36 \cdot 10^4$ МПа имеют по 10 витков, средний радиус витка 12 мм, диаметр сечения $d = 4$ мм. Коэффициент сопротивления гидравлического демпфера $a = 0,65$ Нс/м.

В результате исследований показано, что коэффициент передачи β_1 (характеристика эффективности виброизоляции) без использования гидравлического демпфера в области резонанса уходит в бесконечность, а при использовании гидравлического демпфера близок к единице.

Можно сделать вывод, что использование гидравлического демпфера значительно снижает вибрацию машины, связи с чем срок службы ее увеличивается.

Установку можно рекомендовать в качестве стенда в лабораторном практикуме по изучению виброизоляции машин.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ТРАВИВЕК» В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Терновая Е.Ю. – студент, Андреева Н.Г. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В современных условиях увеличивающегося антропогенного воздействия на окружающую среду ее охрана и рациональное использование природных ресурсов – крайне важная и актуальная проблема.

Решением проблемы защиты окружающей среды является создание эффективных очистных сооружений и переход к безотходным производствам, а в частности для охраны водных объектов наиболее действенным является прекращение сброса сточных вод от предприятий и переход на полный водооборот. Прекращение сброса сточных вод в водные объекты выгодно не только с точки зрения экологии, но и экономики, т.к. платы за сброс загрязняющих веществ представляют собой очень крупные суммы.

Гальваническое производство является неотъемлемой частью полиграфической промышленности, машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий. Только при использовании гальванического процесса можно придать изделиям товарный вид и наделить их особыми свойствами.

Основные виды хромовых покрытий характеризуются высокой химической стойкостью, термостойкостью, склонностью к пассивированию на воздухе, устойчивостью в условиях влажного климата. Хромовые покрытия рекомендуется применять для защиты от коррозии деталей из стали, меди и ее сплавов, для повышения поверхностной твердости и износостойкости деталей, а также в декоративных целях.

В гальванических производствах основными источниками загрязнения являются отработанные технологические растворы, а также промывные воды, имеющие сложный многокомпонентный состав (таблица).

Таблица – Состав сточных вод

Наименование загрязняющих веществ	Концентрация загрязняющих веществ (мг/л)	Наименование загрязняющих веществ	Концентрация загрязняющих веществ (мг/л)
1. Взвешенные вещества	24,300	7. Нитраты	0,600
2. БПК	2,300	8. Хлориды	40,000
3. Хром шестивалентный	20,000	9. Нефтепродукты	0,010
4. Хром трехвалентный	59,000	10. Сульфаты	22,000
5. Двуххромовокислый натрий	0,001	11. СПАВ	0,200
6. Нитриты	0,100	12. Железо общее	1,800

Особо сложную проблему представляет очистка сточных вод от шестивалентного хрома, ионов цветных металлов, некоторых анионов солей и органических соединений.

Для этого применяют химические, физико-химические (ионный обмен, адсорбция, коагуляция, обратный осмос, ультрафильтрация, магнитная обработка, гальванокоагуляция), термические, биохимические, электрохимические методы (электрокоагуляция, электродиализ). Все методы имеют как достоинства, так и недостатки.

Процесс очистки всегда требует больших материальных затрат, поэтому наиболее перспективным методом защиты окружающей среды от любого воздействия является реконструкция основного технологического процесса с целью снижения и исключения образования отходов, выбросов и сбросов.

В США, Канаде, Южной Америке и Австралии уже более шести лет на предприятиях, применяющих травление и другие обработки в кислотах, активно внедряется новейшая экологически рациональная, экономически эффективная и легко реализуемая технология «ТРАВИВЕК». Технология позволяет поддерживать растворы практически любых кислот и их смесей: соляной, серной, азотной, лимонной, муравьиной, плавиковой, фосфорной (а также растворов кислых солей) в работоспособном состоянии неограниченно долго, а именно работать без замены, без сброса и дорогостоящей нейтрализации отработанных кислот!

Это достигается введением в раствор 10 мл/л жидкого Очистителя «ТРАВИВЕК». Благодаря иницируемым Очистителем каталитическим реакциям железо (и другие металлы) и органические загрязнения включаются в состав нерастворимых в широком диапазоне pH соединений. С помощью непрерывной прокачки раствора через подключаемое к ванне фильтровальное устройство выделившиеся фазы выводятся из него и задерживаются на фильтре в виде шлама (шлам получается без обработки щелочью).

В результате имеет место постоянное очищение кислотного раствора при полном сохранении его полезных свойств и без остановки процесса производства. Появляется возможность перейти от периодического к непрерывному процессу.

При применении жидкого Очистителя «ТРАВИВЕК» отпадает необходимость частично или полностью заменять кислотный раствор, рабочий ресурс которого становится неограниченным.

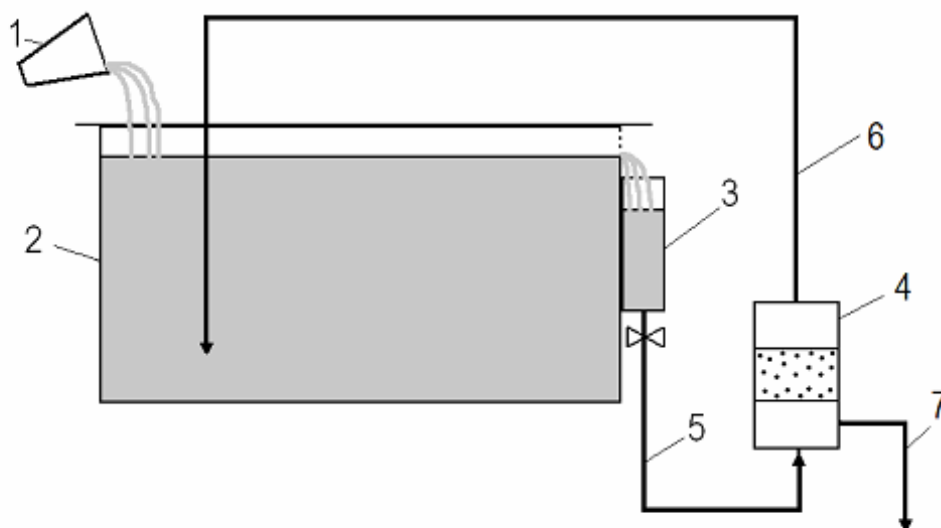
В результате производственные затраты уменьшаются за счет:

—отсутствия необходимости в проведении дорогостоящей нейтрализации отработанных кислотных растворов;

—экономии средств на приобретение каустика или извести для нейтрализации;

—уменьшения общего расхода кислоты примерно на 30%;

—снижения расходов на обезвоживание, обработку и последующее захоронение шламов, поскольку их общая масса становится меньше на 30 – 90%.



1 – емкость раствора «травивек»; 2 – ванна травления; 3 – переливной карман; 4 – фильтровальное устройство; 5 – линия всасывания раствора в фильтр; 6 – линия возврата очищенного раствора в ванну; 7 – линия отвода шлама

Рис. 1 Технология «ТРАВИВЕК»

Для внедрения технологии «ТРАВИВЕК» необходимо:

1. Фильтровальное устройство – производительностью не менее одного объема раствора в час;
2. Очиститель «ТРАВИВЕК»:
 - на первичную загрузку – 10 мл/л;
 - на корректировку – 1% от объема кислоты, приливаемой для восстановления раствора.

При реализации технологии «ТРАВИВЕК» в качестве фильтровального устройства можно использовать гидроциклон. Гидроциклоны просты по устройству, компактны, легко обслуживаются, имеют высокую производительность и невысокую стоимость. Для осаждения твердых примесей применяют напорные гидроциклоны.

Внедрение современной химико – гальванической технологии «ТРАВИВЕК» позволит предотвратить образование кислых сточных вод и исключить проблему их очистки.

ОЦЕНКА СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕР-ПЕСЧАНОЙ ЧЕРЕПИЦЫ

Ужегова Н.А - студент, Столяр Е.Г. – студент, Бельдеева Л.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Проблема отходов является чрезвычайно сложной, т.к. относится ко всем сферам жизни общества. Отходы производства и потребления представляют собой источник загрязнения окружающей среды, способствуя распространению опасных веществ, отрицательно влияющих на здоровье населения. При этом из оборота изымаются земли, как правило, в пригородных зонах, пригодные для использования в хозяйственных и рекреационных целях. В тоже время многие виды отходов могут быть вовлечены в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья, принося ощутимые финансовые результаты.

Недостаточная эффективность управления в сфере охраны окружающей среды в значительной степени объясняется проблемами информационного обеспечения процесса принятия решений. В условиях высокой вариативности системы управления отходами, разнообразия образующихся отходов, средств и методов их утилизации, множества действующих факторов и условий создание систем информационного обеспечения представляет собой довольно сложную задачу. Для ее решения необходимо выявить,

определить и обосновать методологические, теоретические и технологические основы информационного обеспечения управления отходами на уровне региона.

В соответствии с действующим законодательством, на территории Алтайского края административное регулирование и контроль деятельности по экологически безопасному обращению с отходами осуществляет Алтайское межрегиональное управление по технологическому и экологическому надзору (Ростехнадзор). При получении лимитов на размещение отходов хозяйствующие субъекты представляют в управление данные о количестве и качественном составе образующихся отходов, способах их утилизации, а также сведения о находящихся на балансе предприятия объектах размещения отходов.

На кафедре Химической техники и инженерной экологии для автоматизации обработки данных создана информационная система "Waste limits", формирующая базу данных при заполнении лимитов на размещение отходов. При заполнении бланка лимитов вводятся следующие сведения:

- наименование предприятия и его адрес;
- дата выдачи лимитов на размещение отходов;
- наименование и количество отходов, образующихся на предприятии, класс опасности отхода для окружающей среды, их опасные свойства, код по федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО).
- количество отходов, подлежащих размещению (захоронению) на различных объектах размещения отходов (полигоны, свалки).

Виды отходов и их коды выбираются из Федерального классификационного каталога отходов. При отсутствии отхода в ФККО его наименование и код заносится в краевой каталог. Объекты размещения отходов выбираются из списка, который может дополняться и обновляться.

База данных позволяет получать и актуализировать информацию в целом по краю и по отдельным районам:

- о наличии лимитов на размещение отходов для предприятий, срок их действия;
- выделять или выводить отдельным списком предприятия, для которых срок действия лимитов истек или истекает;
- перечень и количество отходов каждого вида, образующихся на предприятии, в районе, в крае;
- перечень и количество отходов каждого вида, размещаемых на муниципальных и собственных объектах размещения отходов; перечень предприятий по каждому району Алтайского края.

Для оценки сырьевого потенциала нами были проанализированы базы данных, сформированные при выдаче лимитов в 2006 и 2007 годах.

Всего в 2006 году Ростехнадзором было выдано 1115 лимитов на размещение отходов 1-5 классов опасности для окружающей природной среды. Общее количество отходов составило 2056784 т, количество отходов 4 и 5 класса опасности составило 2054619 т, из них отходов пластика – 101,623 т. (таб.1, 2)

В 2007 году было выдано 1229 лимитов на размещение отходов. Общее количество отходов 2056788 т, количество отходов 4 и 5 класса опасности 1824921,503 т, из них отходов пластика – 5614,379 т.

В это количество входят отходы пластика, образующегося в процессе сортировки отходов на МСК «Станко-100» в ООО «Экотехпром».

Таблица 1 – Образование отходов ТБО В Алтайском крае

Наименование отхода	Количество отходов, т	
	2006 год	2007 год
Отходы текстиля	65,12	90,863
отходы стекла	229,51	43,236
отходы пластика	101,62	5614,379

отходы бумаги и картона	2132,17	4665,007
отходы гофрокартона	106,40	402,054
ВСЕГО	2634,82	10815,539

Таблица 2 – Образование отходов пластика в Алтайском крае

Наименование отхода	Количество отходов, т	
	2006 год	2007 год
отходы полиамидов	0,06	1,62
отходы поливинилацетата	0,1	-
отходы полистирола	0,4	-
отходы полиэтилентерефталата	0,15	1,18
отходы пластмасс	9,525	5502,43
отходы полиэтилена	14,869	92,25
отходы поливинилхлорида	21,29	2,8
отходы полипропилена	54,269	362,789
	101,623	5614,379

Полимеры, используемые для производства полимер-песчаной черепицы (отходы полипропилена, полиэтилена, ПВХ и ПЭТ), занимают больший удельный вес 90,578т (89%) по данным на 2006 год, и 459,019 (99%) по данным на 2007 год.

Промышленная переработка, учитывающая экологические и экономические требования, представляет собой кардинальный путь решения проблемы полимерных отходов.

Полимерные отходы являются ценным вторичным ресурсом. Они могут служить сырьем для производства строительных материалов – черепицы, отделочных панелей, тротуарной плитки и т.д., а также товаров народного потребления. Например, отходы ПЭТ перерабатывают в крупногабаритные детали кузова автомобилей, волокнистые фильтрационные материалы (гидрофобная вата), которые служат фильтрами для очистки загрязненных сточных вод от горюче-смазочных материалов, боксы для кассет и компакт-дисков, мебель, сантехническое оборудование. Отходы полиэтилена перерабатывают в изделия медико-биологического назначения, различные детали машин, тару, предметы домашнего обихода. Из вторичного полистирола получают электроизоляционный и декоративно-отделочный материал в приборо- и машиностроении. ПВХ перерабатывают с получением труб, погонажно-профильных и изоляционных материалов, оболочек для электропроводов и кабелей, материалов для облицовки стен и обивки мебели.

Отходы пластмасс подлежат материальному рециклингу, то есть переработке с получением:

1. исходных полимеров, наполнителей, армирующих элементов;
2. мономеров;
3. других химических соединений, пригодных для использования.

Наиболее экономически привлекательным представляется первый способ рециклирования, однако на пути его осуществления существуют серьезные трудности. Даже если полимерные отходы тщательно отделены от другого мусора, их практически невозможно переработать в полимерный рециклат с удовлетворительными свойствами из-за присущей полимерам особенности – неспособности смешиваться друг с другом или, говоря строго научно, их термодинамической несовместимости. При смешении полимеров даже близкой химической природы (например, полиэтилен и полипропилен) образуются двухфазные дисперсные системы, свойства которых чаще всего гораздо хуже, чем свойства исходных компонентов. Поэтому перед переработкой полимерных отходов, например упаковки, путем плавления в гранулы, пригодные для изготовления литьем новых полимерных изделий, необходима тщательнейшая сортировка отходов по химическому составу.

СИНТЕЗ ВОЗМОЖНЫХ ПУТЕЙ РАЗДЕЛЕНИЯ БУТАНОЛЬНО-ТОЛУОЛЬНОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИКО-ТОПОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Тарасова М.Н. – аспирант, Лазуткина Ю.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Промышленность основного органического синтеза вносит большой вклад в образование жидких и твердых отходов, которые зачастую являются экотоксикантами и ведут к потерям значительного количества ценных компонентов, а также загрязняют природные воды и атмосферный воздух. Разработка малоотходных ресурсосберегающих технологий в химической промышленности позволит снизить затраты энергии, сократить нормы расхода сырья и уменьшить нагрузку на окружающую среду, а также выделить дополнительные количества целевого и побочных продуктов.

В производстве кремнийорганических эмалей на одном из крупнейших химических заводов Алтайского края ОАО «Алтайхимпром» ежегодно термической деструкции подвергается около 1,5 тысячи тонн отходов растворителей, что сопровождается с одной стороны, потерями целевого и побочных компонентов, с другой - загрязнением окружающей среды.

Целью нашей работы является разработка малоотходной, экологически безопасной технологии разделения смеси органических растворителей, образующейся после локальной очистки сточных вод в производстве кремнийорганических эмалей.

Объектом исследования является бутанольно-толуольная смесь (БСТ), в состав которой входят пять компонентов (масс. %): этанол – 72,4 %; бутанол – 9,7%; толуол – 6,8%; хлорбензол – 4,5%; вода – 6,6%.

Основными способами разделения таких многокомпонентных органических смесей являются процессы перегонки и ректификации.

Разработка технологических схем с использованием указанных методов базируется на анализе структур диаграмм фазового равновесия жидкость-пар, названном термодинамико-топологическим анализом (ТТА) [1-5], который позволяет по минимуму экспериментальных данных выявить ограничения, обусловленные физико-химической природой разделяемой смеси, на проведение процесса ректификации. Для этого исследуемому объекту ставится в соответствие его геометрический образ – симплекс, включающий особые точки и разделяющие многообразия [6].

В основу метода определения структур фазовых диаграмм могут быть положены правила азеотропии [3], а также локальные закономерности для многокомпонентной смеси, изложенные в [7].

Для исходной БСТ число Z возможных бинарных, тройных и четверных составляющих смеси, которые могут быть определены по уравнению:

$$Z = n! / r! \cdot (n-r)!,$$

где n – количество компонентов смеси;

r – определяемые составляющие.

Указанные составляющие пятикомпонентной смеси представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Составляющие пятикомпонентной смеси

Составляющие смеси	Количество компонентов смеси, n	Определяемые составляющие, r	Число Z возможных составляющих
Бинарные	5	2	10
Тройные	5	3	10
Четверные	5	4	5

Следовательно, в системе имеется 10 бинарных, 10 тройных и 5 четверных составляющих, в том числе азеотропные, которые могут существенно усложнить процесс разделения смеси на индивидуальные компоненты. Анализ литературных данных подтвердил, наличие в исходной пятикомпонентной системе 7 бинарных и 5 тройных азеотропов, что позволяет обратиться к построению геометрического образа смеси.

Исследуемый симплекс представляет собой пентатоп, который представлен на рисунке 1. Многомерность концентрационного симплекса не позволяет строго зафиксировать

положение фигуративной точки состава исходной смеси, но дает возможность определить начальные и конечные точки пучка дистилляционных линий. Концентрационная диаграмма изучаемого симплекса содержит 17 особых точек: один неустойчивый узел (N_2^-), три устойчивых узла (N_0^+), тринадцать седел, из которых два соответствуют чистым компонентам, а остальные являются бинарными и тройными азеотропами.

Для того чтобы зафиксировать положение точки исходного состава необходимо, понизив размерность симплекса, рассмотреть входящий в состав пентатопа тетраэдр – этанол-вода-толуол-бутанол (рисунок 2). Выбор данного тетраэдра обусловлен тем, что входящие в его состав компоненты представлены различными классами органических соединений, это позволит более полно рассмотреть все взаимосвязи между особыми точками.

Как видно из рисунка 3, в рассматриваемой системе имеются десять особых точек: четыре вершины, соответствующие чистым компонентам, пять бинарных и два тройных азеотропа. Азеотропы Az_{12} , Az_{13} , Az_{234} , Az_{23} , Az_{24} , Az_{34} и вершина 1 соответствуют седлам. Вершины 2, 3 и 4 – устойчивые узлы (N_0^+), азеотроп Az_{123} – неустойчивый узел (N_0^-). Такое сочетание особых точек приводит к образованию трех областей дистилляции и двенадцати областей ректификации.



Рисунок 1- Дистилляционная диаграмма исходного концентрационного симплекса



Рисунок 2- Фазовая диаграмма смеси 3 (1) – В (2) – Т (3) – Б (4)

Точка исходного состава F_0 принадлежит к области ректификации $Az_{123}Az_{12}Az_{244}$, в которой может быть реализована следующая последовательность разгонки смеси на индивидуальные компоненты.

По первому заданному разделению в дистиллат выделяется целевой компонент - Az_{123} . При этом в качестве кубового продукта получаем смесь 1245. Кубовый продукт в дальнейшем разделяется по первому заданному разделению на Az_{125} (дистиллат) и смесь 145 (куб), по второму заданному разделению на бутанол (4) в кубе и смесь 1245 в дистиллат. Смеси 145 и 1245 в дальнейшем также подвергаются разгонке.

Второе заданное разделение смеси F_0 позволяет отделить 4 (бутанол) в куб, в дистиллате будет находиться смесь 12345. Таким образом, чередуя первое и второе заданные разделения, можно получить в качестве продуктов необходимые компоненты.

Таким образом, чередуя первое и второе заданные разделения, можно получить в качестве продуктов необходимые компоненты, что и отражено в потоковых графах разделения БСТ, которые представлены на рисунке 3. Полученные схемы потоковых графов в дальнейшем будут использоваться для синтеза принципиальных технологических схем разделения БСТ.

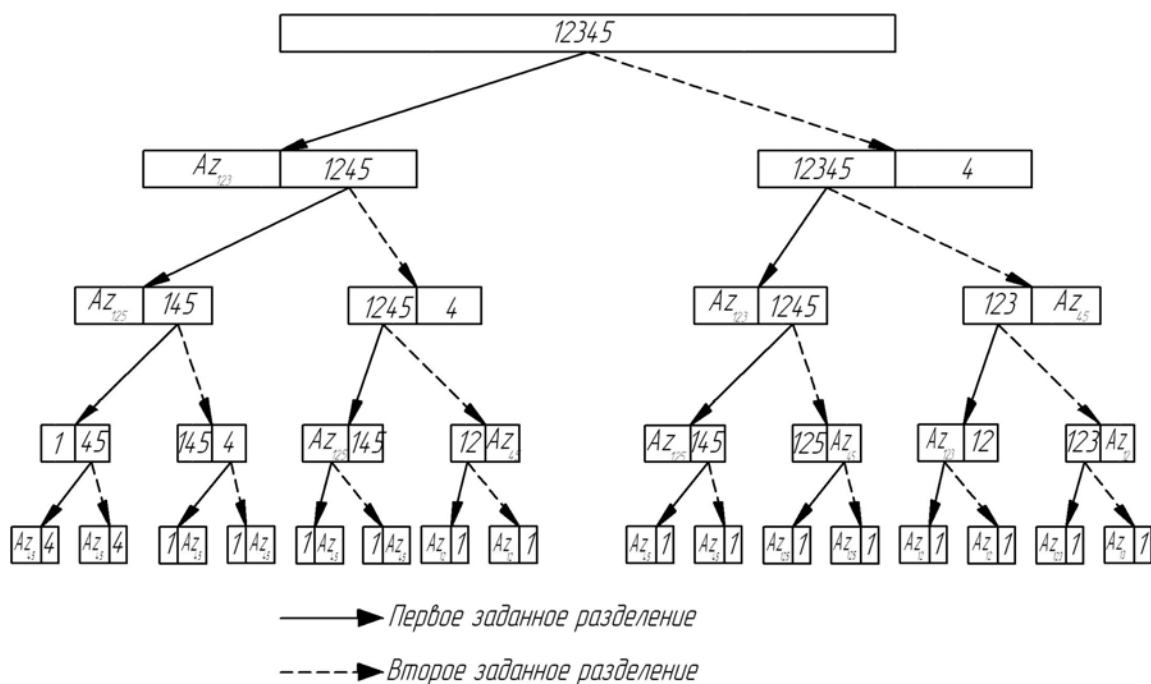


Рисунок 3 – Поточковые графы, соответствующие всем возможным вариантам разделения смеси Э(1) – В (2) – Т (3) – Б (4) – ХБ (5)

Литература:

1. Жаров В.Т. Процессы открытого испарения многокомпонентных гомогенных растворов/В.Т. Жаров//ЖФХ. – 1967, Т. 41, № 11. – С. 2865-2872.
2. Жаров В.Т. Процессы открытого испарения многокомпонентных гомогенных растворов. Четырехкомпонентные системы/В.Т. Жаров//ЖФХ. – 1968, Т. 42, № 1. – С. 116-122.
3. Жаров В.Т. Физико-химические основы дистилляции и ректификации/В.Т. Жаров, Л.А. Серафимов. – Л.: Химия, 1975. – 240 с.
4. Серафимов Л.А. Теоретические принципы построения технологических схем ректификации неидеальных многокомпонентных смесей. – /Дисс.... докт.техн. наук. – М., 1968. – 373 с.
5. Серафимов Л.А. Анализ процесса ректификации и синтез принципиальных технологических схем методом термодинамико-топологического анализа/Л.А. Серафимов//В сб.: III Всесоюзная конференция по теории и практике ректификации. Северодонецк. – 1973, ч. 1. – С. 169-172.
6. Бабич С.В. Разработка технологической схемы ректификации легкокипящей фракции оксидата прямогонного бензина методом ТТА. – /Дисс.... канд.техн.наук. – М., 1970. – 138 с.
7. Сторонкин А.В. Термодинамика гетерогенных систем/А.В. Сторонкин. – Л.: ЛГУ, 1967. – Часть 1,2. – 466 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ МЕДИ МЕМБРАННЫМ И ИОНООБМЕННЫМ МЕТОДАМИ

Кухта Н.Б. – студент, Сомин В.А. – аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Интенсивное развитие промышленности во второй половине XX века привело к резкому обострению экологических проблем, в частности, к загрязнению природных вод.

Гальванические операции широко распространены в современной промышленности. Медные покрытия повышают прочность и долговечность изделий, их коррозионную стойкость, механическую прочность, обеспечивают высокую точность допусков и посадок.

Обладая несомненными достоинствами в повышении качества и надежности промышленной продукции, электрохимические производства вместе с тем являются

крупнейшими и наиболее опасными загрязнителями окружающей среды. При этом основными загрязняющими компонентами являются: соли тяжелых металлов, неорганические кислоты и щелочи, поверхностно-активные вещества и другие высокотоксичные соединения.

В последнее время радикально совершенствуются технологические процессы с позиций экологической безопасности и экономичности. Внедрение на предприятиях замкнутых систем водопользования обеспечивает экономию ресурсов со значительным сокращением поступления токсичных компонентов в окружающую среду.

Одними из наиболее распространенных загрязнений сточных вод гальванических производств являются соединения меди. Соли меди весьма токсичны для человека и вызывают функциональные расстройства нервной системы, нарушение функций печени, почек, раздражение кожных покровов и слизистых оболочек и т.п.

Существующие методы очистки стоков весьма различны как по достижимой эффективности, так по капитальным и эксплуатационным затратам, требующимся для их осуществления. Чаще всего для очистки сточных вод гальванических производств используют химические методы. Но они обладают рядом недостатков: не позволяют выделять ценные компоненты из сточных вод; требуют содержания обширного реагентного хозяйства; кроме того, в процессе очистки образуется большое количество осадка, который необходимо утилизировать.

Для исследования очистки воды от ионов меди нами были проведены эксперименты мембранным и ионообменным методами.

Первоначально проводились опыты по мембранному концентрированию растворов меди на обратноосмотической установке. Эксперимент проводился ацетатцеллюлозной мембраной с рабочим давлением от 0,2 до 4,0 МПа и композитной – от 0,2 до 1,0 МПа.

Для проведения эксперимента были приготовлены модельные растворы с концентрацией 10, 50, 100 мг/л ионов меди. Выбор данного диапазона концентраций обусловлен тем, что они соответствуют средней концентрации ионов меди в промывных водах процесса меднения. Опыты проводились в кислой среде, т.к. стоки данного производства имеют слабокислое значение pH. Анализ ионов меди осуществлялся фотоколориметрическим методом по стандартной методике.

Результаты эксперимента представлены на рисунках 1 и 2.

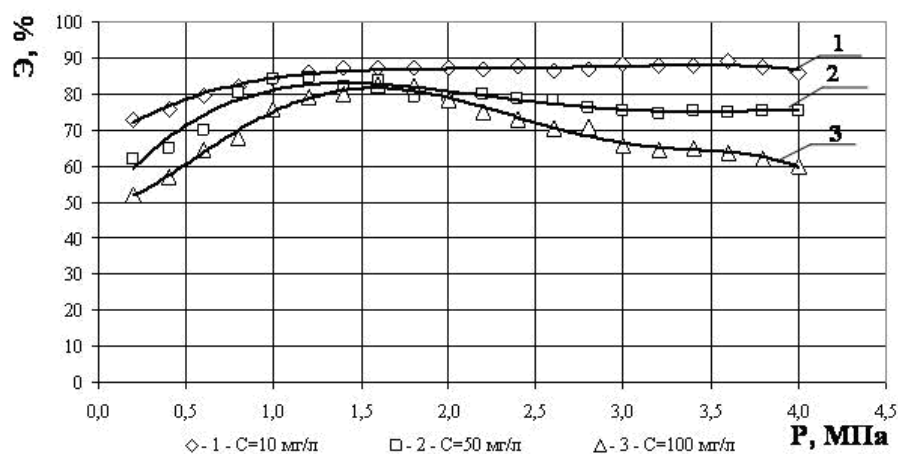


Рисунок 1 – Зависимость селективности от давления в кислой среде на ацетатцеллюлозной мембране

Как видно из рисунка 1, на ацетатцеллюлозной мембране для кривой с начальной концентрацией 10 мг/л при давлении от 0,2 до 1,0 МПа селективность увеличивается от 73% до 88 %, затем с ростом давления селективность практически не изменяется и составляет 88 %. Для кривых 2 и 3 с начальными концентрациями 50 и 100 мг/л соответственно наблюдается экстремальный характер зависимостей. Максимум селективности находится в диапазоне давлений от 1,0 до 2,0 МПа и составляет 82 %.

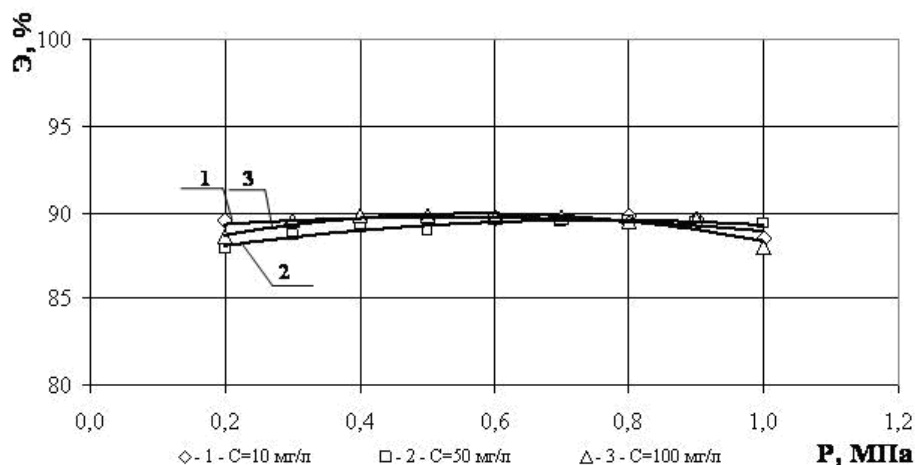


Рисунок 2 – Зависимость селективности от давления в кислой среде на композитной мембране

Из рисунка 2 видно, что на композитной мембране на всех кривых селективность с изменением давления практически не изменяется и составляет от 87 до 90%.

На втором этапе изучалась очистка воды от ионов меди с помощью природных минеральных сорбентов – бентонитовых глин Таганского месторождения. Изучались бентониты двух горизонтов – 12-го и 14-го. Бентонитовые глины 12 горизонта – кальциевые – были подвергнуты содовой и солевой активации. Глины с 14 горизонта имеют в своем составе в качестве основного катиона натрий, поэтому необходимости активировать их не было. Для изучения статической емкости исследуемых материалов были наведены растворы с концентрациями от 100 до 2000 мг/л. По полученным результатам были построены изотермы сорбции, приведенные на рисунке 3. Как видно, для кальциевого бентонита при обоих видах активации максимальная сорбционная емкость составила порядка 180 мг/г, для натриевого – около 225 мг/г. При этом все зависимости имеют возрастающий характер, что говорит о том, что максимальная сорбционная емкость не была достигнута. В диапазоне равновесных концентраций от 1 до 100 мг/л зависимости, характеризующие кальциевый бентонит, имеют линейный характер, для натриевого бентонита прямой участок соответствует диапазону равновесных концентраций от 10 до 30 мг/л. Отмечено, что неактивированный натриевый бентонит имеет сорбционную емкость, сопоставимую с активированными глинами 12 горизонта. Поэтому его целесообразнее использовать при очистке воды от ионов меди, поскольку значительно снижаются затраты на подготовку материала.

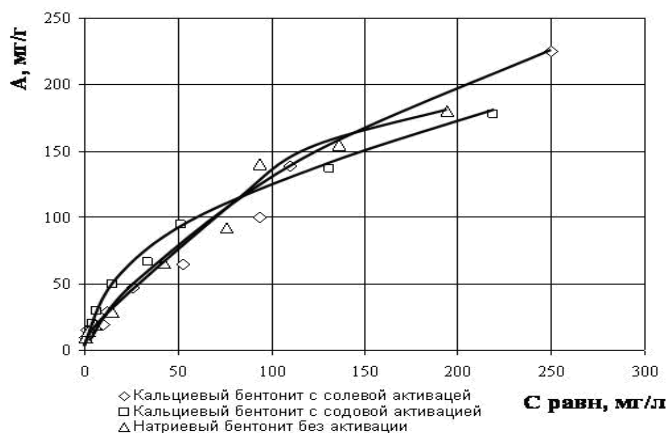


Рисунок 3 – Изотермы сорбции ионов меди бентонитовыми глинами

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать композитные мембранные обратноосмотические элементы для концентрации промывных вод процессов меднения. Также использование натриевых бентонитовых глин 12 горизонта

эффективно как с экономической, так и с экологической точки зрения при извлечении ионов меди из водных растворов.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОЧИСТКИ СТОКОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ В ЦЕЛЯХ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Сухорукова О. В. – студент, Фогель А.А. – студент, Шимонаева Д.Г. – студент,
Сомин В.А. – аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Человечество в процессе своей жизнедеятельности неизбежно образует различного рода отходы. Во избежание ущерба, наносимого природной среде, воздействие на нее необходимо планировать. При этом следует сочетать удовлетворение жизненных потребностей человека с защитой природной среды.

В последние годы существенно обострились проблемы, связанные с загрязнением воды. Основными причинами ухудшения качества воды являются: несовершенство существующих технологий водоочистки, нерациональное использование воды, связанное с отсутствием на многих предприятиях систем оборотного водоснабжения, а также высокая стоимость современных систем очистки. К наиболее опасным загрязнителям относятся, прежде всего, хлорорганические соединения, углеводороды, соли тяжелых металлов. Последние, попадая в окружающую среду и взаимодействуя с другими элементами, образуют чрезвычайно токсичные вещества.

Существенный вклад в загрязнение окружающей среды вносят сточные воды гальванических производств, так как содержат в себе высокотоксичные соли тяжелых металлов. Всего в нашей стране насчитывается около 4,5 тыс. гальванических цехов, которые в основном пользуются традиционными реагентными методами, в которых металлы осаждаются в виде шламов для захоронения, а очищенная вода сбрасывается в коллектор [1]. Очевидно, что проблема создания ресурсосберегающих технологий и оборотного водоснабжения гальванических производств важна для кардинального оздоровления экологической обстановки в стране.

Реагентные способы очистки способны решить проблему очистки воды, но при этом они достаточно трудоемки, требуют больших затрат реагентов, площадей для осуществления процесса и неизменности условий проведения процесса.

Решение этой проблемы ионообменными методами позволяет возвращать в технологический цикл как очищенную воду, так и извлеченные соединения тяжелых металлов. Однако известные ионообменные методы малопродуктивны и их внедрение на действующих предприятиях требует больших капитальных затрат, расходов электроэнергии и реагентов.

Для снижения сбросов сточных вод с высоким содержанием ионов тяжелых металлов можно использовать в качестве сорбента природные минеральные материалы – бентонитовые глины.

Бентонитом называют глину, в которой содержится не менее 70% монтмориллонита (высокодисперсного слоистого алюмосиликата). Особенность кристалло-химического строения бентонита обуславливает наличие на его поверхности ионообменных катионов, в значительной степени определяющих его химические и физические свойства как минерала. Избыточный отрицательный заряд, компенсирующий обменные катионы межслоевого пространства монтмориллонита, обуславливают высокую гидрофильность бентонита. При залипании бентонита водой она проникает в межслоевое пространство монтмориллонита, гидратирует его и вызывает набухание. Монтмориллонит обладает высокими адсорбционными свойствами. Материал обладает рядом преимуществ перед алюмосодержащими неорганическими коагулянтами: отсутствует необходимость корректировки pH и высокая коррозионная активность. Кроме того, коагуляционные и сорбционные свойства у бентонитов сохраняются даже при низких температурах, при этом отсутствует вторичное загрязнение воды сульфатами, хлоридами и ионами алюминия.

Использование бентонитов требует предварительной подготовки исходного глинистого минерального сырья. Для повышения сорбционной способности бентонита его подвергают активации. Существует различные методы активации: термическая, содовая, солевая и кислотная. Основной целью активации является увеличение числа дефектов в кристаллической структуре монтмориллонита и за счет этого увеличение его удельной поверхности.

Сложность при использовании бентонитовых глин заключается в том, что их необходимо предварительно нанести в виде тонкого слоя на подготовленный каркас, что предотвращает унос частиц бентонита при фильтровании. При нанесении бентонита необходимо учитывать: пористость материала, на который намывается бентонит, возможность регенерации материала, его доступность и стоимость. Материал каркаса должен обеспечивать высокую порозность слоя, так как по мере загрязнения фильтрующего слоя уменьшается его порозность и увеличивается сопротивление потоку воды. По мере достижения определенной величины потерянного напора производят регенерацию материала. Таким образом, материал должен обеспечивать достаточную продолжительность фильтроцикла.

В качестве материала для каркаса используют пористую керамику, синтетическую ткань, войлок, армированное волокно. Таким образом, при подборе материала каркаса необходимо учитывать многие факторы. В качестве такого материала целесообразно использовать древесные опилки, которые в сочетании с бентонитом обеспечат достаточную эффективность очистки при сравнительно невысоком рабочем давлении в фильтре. Предварительные исследования по очистке воды от соединений меди и цинка на загрузке, полученной нанесением бентонитовой глины на древесные стружки, показали высокую эффективность извлечения данных элементов.

Литература:

1. Родионов А.И., Кузнецов Ю.П., Соловьев Г.С. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов. М: Химия, Колос С. 2007. - 392 с.

РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ЭКОЛОГИИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Беспалова М.Ю. – студент, Горелова О.М. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В течение многих десятилетий на нашей планете господствовала концепция покорения природы, в основе ее лежали технократические принципы мышления. Однако в последнее время человечество стало осознавать, что окружающую среду, хозяйственную и научную деятельность следует рассматривать как единую систему. Только при таком подходе появляется возможность устранить противоречия между социально-экономическим прогрессом общества и необходимостью сохранения устойчивости и целостности экосистем.

Нефтеперерабатывающая промышленность – значительная часть производственного комплекса страны, основанная на продуктах переработки нефти – принадлежит к числу наиболее быстро развивающихся отраслей. В настоящее время она является одной из наиболее экологически неблагоприятных отраслей отечественной промышленности, так как на её долю приходится свыше 40% общих суммарных загрязнений окружающей среды. В связи с этим просто необходимо искать различные пути по снижению воздействия нефтеперерабатывающих производств на окружающую природную среду.

Совершенствование процессов переработки нефти в современных условиях должно быть нацелено на увеличение процента выхода товарных продуктов, повышение их качества, уменьшение энергозатрат и на экологизацию процесса.

Малоотходной технологией переработки нефти является каталитический процесс бинарных моторных топлив (БИМТ), разработанный учеными Института катализа им. Г.К.Борескова (г. Новосибирск). Она позволяет значительно упростить переработку нефти:

из схемы выпадают сложные и затратные процессы - гидроочистка, риформинг, изомеризация, алкилирование, депарафинизация и несколько стадий ректификации. Это позволяет значительно снизить капитальные и эксплуатационные затраты, по сравнению с традиционной схемой нефтепереработки, улучшить качество моторных топлив, получить элементарную серу в качестве товарного продукта.

Нефть — это смесь очень большого числа химических соединений на основе углеводородов, образовавшихся из исходного органического вещества в результате длительного взаимодействия со средой залегания под воздействием многих факторов. Основными химическими элементами, входящими в состав нефти, являются углерод, водород, сера, азот и кислород. Состав нефтей очень сильно различается в зависимости от района расположения месторождения. Одни нефти могут быть обогащены низкокипящими углеводородами, что позволяет получать из них преимущественно бензины, другие – содержат значительное количество мазута.

По технологии БИМТ переработке в моторные топлива подлежат фракции нефти, выкипающие до температуры 350°C (без мазута), поэтому нефти с значительным содержанием высококипящих примесей неэффективно перерабатывать данным способом.

Целью нашей работы оценить целесообразность переработки нефти месторождения "Майское" (Томская область) по технологии БИМТ, т.е. определить какую долю в данной нефти составляют углеводороды, выкипающие до 350 °С.

Оценить возможность ректификационного разделения смеси можно с помощью ректификационного анализа или, так называемой разгонки по истинным температурам кипения (ИТК). На основании ее можно судить о качественном и количественном составе разделяемой смеси. Также оценить состав нефти позволяет разгонка по методу Энглера. Разгонка по ИТК нефти месторождения «Майское» проводилась на стандартной лабораторной установке периодического действия при атмосферном давлении, разгонка по Энглеру – в приборе Энглера также при атмосферном давлении. Температуры куба ректификационной колонны и паров дистиллятов измерялись ртутными термометрами с ценой деления 0,1 °С.

На основании результатов исследований, можно сделать вывод: содержание мазутной фракции в нефти месторождения "Майское" не превышает 10-12 % масс., поэтому при переработке такого сырья по методу БИМТ будет высокий выход бинарных моторных топлив.

Другим направлением нашей работы была разработка ректификационной схемы производства бинарных моторных топлив, определение оптимального режима работы ректификационных колонн входящих в технологическую схему БИМТ исходя из минимума энергозатрат и отходов.

Для этого на основании литературных данных были определены углеводороды, присутствующие в нефтях в наибольших количествах и принят модельный состав нефти.

В бинарных составляющих модельной системы было проведено изучение равновесия жидкость – пар. Для некоторых систем равновесия изучалось экспериментально по известной методике на приборе типа Джиллеспи, для остальных – прогнозировалось по групповой модели UNIFAC. Полученные равновесные данные подвергались математическому описанию с помощью уравнения Вильсона в программной реализации НИФХИ им. Л.Я.Карпова. В результате математического описания был получен набор параметров бинарного взаимодействия, являющийся основой математической модели фазового пространства жидкость – пар изучаемой многокомпонентной смеси.

Для оценки адекватности воспроизведения математической моделью реального равновесия, в трехкомпонентных составляющих для ограниченного числа составов жидкой фазы с использованием параметров бинарного взаимодействия рассчитывалась температура кипения. Для этих же смесей проводилось экспериментальное определение температуры кипения. Отличие экспериментальной и расчетной температур не более, чем на 1 °С

позволило использовать полученные параметры для автоматизированного расчета процесса ректификации.

При оптимизации режима работы ректификационных колонн варьировались следующие параметры:

- число теоретических тарелок;
- тарелка подачи исходной смеси в колонну;
- флегмовое число;
- доля отбора в дистиллят.

В результате параметрической оптимизации были определены параметры работы колонн ректификационного блока БИМТ, позволяющие получить продукты разделения заданного качества при минимальных энергозатратах.

Использование процесса БИМТ для переработки нефти месторождение «Майское» (Томская область) позволит повысить выход товарных нефтепродуктов, их качество и существенно снизит нагрузку на окружающую природную среду.

ПЕРЕРАБОТКА СОПУТСТВУЮЩИХ ПРОДУКТОВ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Гайворонская А.В. – студент, Горелова О.М. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сокращение запасов традиционных энергоресурсов, таких как нефть, каменный уголь, наблюдаемое в последние десятилетия заставляет добытчиков и переработчиков топлива ориентироваться на другие сырьевые ресурсы – местные, попутно добываемые, альтернативные. Таким сырьем являются газовые конденсаты – побочные продукты добычи природного газа.

Газовый конденсат (ГК) - природный газолин - смесь жидких углеводородов, которые конденсируются при выходе природного газа на поверхность. Запасы ГК в мире весьма велики, по некоторым оценкам они составляют около 14 млрд. т. По ряду характеристик ГК выгодно отличаются от нефти: для них характерно относительно высокое содержание светлых фракций, практически полное отсутствие смолистых веществ и асфальтенов, относительно низкое содержание серы. Использование ГК для производства бензина и дизельного топлива представляется поэтому весьма выгодным.

В природных условиях газовый конденсат - раствор в газе более тяжелых углеводородов. Содержание его в газах различных месторождений колеблется от 12 до 700 см³/м³ газа. Выделенный из природного газа при снижении давления и температуры в результате обратной конденсации газовый конденсат по внешнему виду – это бесцветная или слабоокрашенная жидкость плотностью 600 - 800 кг/м³ (в стандартных условиях) с температурой начала кипения 30-70°С. Состав газового конденсата примерно соответствует бензиновой или керосиновой фракции нефти или их смеси.

Целью нашей работы было определение выхода основных промышленных фракций (бензин, керосин, мазут) из светлого и темного газовых конденсатов Уренгойского месторождения. Также нас интересовало, с какого из исследуемых конденсатов можно получить больший выход узкой фракции – нефрас – 80/120, так называемого «бензина – калоши».

При промышленной переработке углеводородного сырья можно получать товарные продукты, представленные в таблице 1.

Определить выход товарных фракций можно при помощи ректификационного анализа или так называемой разгонки по истинным температурам кипения (ИТК).

Разгонки по ИТК были проведены для темного и светлого газовых конденсатов. Ректификационный анализ осуществлялся на стандартной лабораторной колонне периодического действия «КТР» Клинского завода «Химлаборприбор» при атмосферном давлении. Высота ректифицирующей части колонны 1100 мм, диаметр – 20 мм. Ректифицирующая часть заполнена стеклянной насадкой, которая представляет собой одновитковые спирали диаметром 2,5 мм с толщиной нити 0,4 мм. Общая эффективность

колонны определялась по смеси бензол-дихлорэтан и составила 40 т.т. Определение массы фракций проводилось на аналитических весах с точностью 0,001 г. В ходе разгонки контролировались температура паров в верхней части колонны и температура в кубе термометрами с ценой деления 0,1°С.

Таблица 1 – Фракции, получаемые при промышленной переработке жидкого углеводородного сырья

Фракция	Температура начала кипения, °С	Температура конца кипения, °С
1. Бензиновая (с отбором керосиновой)	28	150
2. Керосиновая	150	250
3. Дизельная (с отбором керосиновой)	250	350
4. Котельное топливо (мазут)	350	550
5. Гудрон	Более 550	
6. Бензиновая (без отбора керосиновой)	28	180
7. Дизельная (без отбора керосиновой)	180	350
8. Бензин растворитель резины (нефрас 80/120)	80	100

После загрузки 300 г исходной смеси колонна в течение 2-х часов выходила на рабочий режим и после установления постоянной температуры паров начинали последовательный отбор проб при флегмовых числах порядка R= 20-40. Нарастание флегмового числа имело место, когда температура паров достигала граничных значений для фракции «бензин-растворитель» - 80 °С и 100 °С .

Материальные балансы разгонок темного и светлого конденсатов приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Материальный баланс переработки темного газового конденсата

Фракция	Пределы температур кипения, °С	Доля фракции от загрузки, % масс.
1. Бензиновая легкая	До 80	15
2. Нефрас 80/120, $\rho=790 \text{ кг/м}^3$	80-100	14
3. Бензиновая тяжелая	100-180	34
4. Керосиновая	180-250	8
5. Дизельная	250-350	10
6. Кубовый остаток	Более 350	11
7. Потери		8
Итого		100

Таблица 3 – Материальный баланс переработки светлого газового конденсата

Фракция	Пределы температур кипения, °С	Доля фракции от загрузки, % масс.
1. Бензиновая легкая	До 80	12
2. Нефрас 80/120, $\rho=720 \text{ кг/м}^3$	80-100	16
3. Бензиновая тяжелая	100-180	44
4. Керосиновая +Дизельная (кубовый остаток)	Более 180	16
5. Потери		12
Итого		100

По результатам разгонок можно сделать следующие выводы:

1) в ГК содержатся растворенные газы, так как разгонки сопровождались значительными потерями вещества;

- 2) в светлом газовом конденсате практически отсутствуют примеси, входящие в мазутную фракцию;
- 3) выход бензиновой фракции выше из светлого газового конденсата;
- 4) содержание нефраса 80/120 в светлом конденсате выше на 2 % масс.

Газовые конденсаты являются очень перспективным сырьевым ресурсом для производства моторных топлив и их использование будет способствовать ресурсосбережению и экологизации нефтяного и газового комплексов нашей страны.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА БУТАНОЛ-ТОЛУОЛЬНОЙ СМЕСИ

Королева Т.А. – студент, Тарасова М.Н. – аспирант, Лазуткина Ю.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

ОАО «Алтайхимпром» - химическое предприятие Алтайского края, которое характеризуется выпуском широкого спектра различной продукции, и среди них кремнийорганические эмали. При производстве эмалей ежегодно образуется 1460 т отработанных растворителей, которые можно разделить и повторно использовать в основном технологическом процессе. В состав изучаемой смеси входят пять компонентов (масс. %): этанол – 72,4, толуол – 6,8, бутанол – 9,7, хлорбензол – 4,5, вода – 6,6.

Непременным условием достижения хороших показателей процесса является чистота исходных и конечных продуктов реакции.

В качестве основного метода анализа изучаемых систем применяется газо-жидкостная хроматография – наиболее быстрый и наиболее надежный метод идентификаций и расчета состава многокомпонентных органических смесей.

Методика анализа разработана для газового хроматографа «Хромос ГХ - 1000», ТУ4215-003-50686735-00 с детектором по теплопроводности (катарометром), также анализ проводился на пламенно-ионизационном детекторе (ПИД).

Основной трудностью при проведении хроматографического анализа является подбор подходящих фаз для селективного разделения компонентов изучаемой смеси. Кроме того, к ним предъявляются многочисленные дополнительные требования.

Удовлетворительные результаты анализа водных смесей органических веществ достигаются при использовании в качестве неподвижной фазы фторорганических полимерных материалов. Их применение рекомендуется при анализе спиртов, ароматических соединений и водных растворов органических соединений.

Поэтому для анализа в качестве неподвижной фазы был выбран полихром с добавкой 12 % по весу полиэтиленгликоля-адипината. Полиэтиленгликоль-адипинат проявляет высокую селективность при разделении смеси спиртов и ароматических соединений и обладает высокой термической устойчивостью.

При разработке методики варьировали скорость газа-носителя, температуру колонок, детекторов и испарителя. В результате были выбраны оптимальные условия проведения процесса хроматографии. В качестве газа-носителя применялся водород со скоростью 5 л/ч. Для наиболее полного разделения смеси предложено использовать хроматографическую колонку длиной 3 м, диаметром 4 мм. Температуру в колонке необходимо поддерживать в пределах 135⁰С, детекторов 140⁰С, испарителе 140⁰С.

Результат хроматографического анализа на ПИД приведен на рисунке 1.

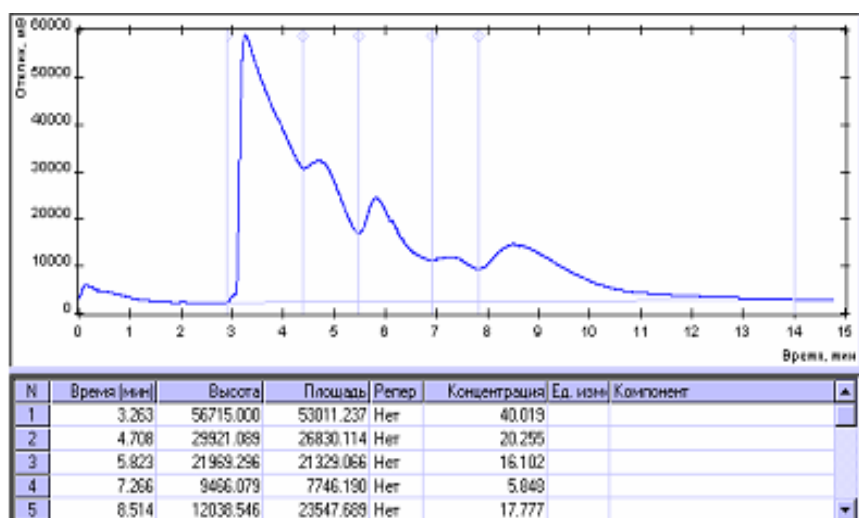


Рисунок 1 – результат хроматографического анализа пятикомпонентной системы

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ С ПОМОЩЬЮ МЕМБРАННЫХ И ИОНООБМЕННЫХ МЕТОДОВ

Шнейдер Л.В. – студент, Сомин В.А. – аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Индустриальная деятельность человека сопровождается непрерывным сбросом многообразных по своему химическому составу сточных вод, которые, попадая в источники питьевой воды, создают серьезную угрозу здоровью людей. В такой ситуации необходимо усиливать требования к качеству сточных вод и осуществлять строгий контроль питьевой воды, что приводит к удорожанию стоимости питьевой воды для населения и технической воды для промышленных предприятий.

Стремительно растущая потребность в воде и ее ограниченные ресурсы, удорожание водоподготовки приводят к необходимости создания и использования новых технологий обработки воды, которые позволяют быстро, эффективно и экономически выгодно очищать воду.

Существенный ущерб наносит гидросфере и биоресурсам Земли отходы гальванических производств. По санитарно-токсикологическому показателю загрязнения промстоки производств нанесения гальванических относятся к высокоопасным и опасным веществам. Ионы тяжелых металлов, поступающие в окружающую природную среду, наносят ущерб здоровью людей прежде всего через питьевую воду, которая поступает в населенные пункты из загрязненных поверхностных и подземных источников, а сельскохозяйственная продукция выращивается на загрязненных землях.

Для очистки сточных вод гальванических производств используются различные методы (физико-химические, биологические, электрохимические), но наиболее распространенным является реагентные методы, поскольку они наиболее простые. Их применение обусловлено дешевизной используемых реагентов и высоким качеством очистки. В тоже время осадки промстоков гальванических производств наносят большой ущерб окружающей среде, прежде всего водным и земельным ресурсам.

Образующиеся в процессе реагентной очистки сточных вод осадки после обезвоживания складируются, как правило, на территории промышленных предприятий, на несанкционированных свалках, а также на территориальных свалках промышленных отходов. По химическому составу осадки являются ценным вторичным сырьем, однако доступность цветных металлов и сравнительно низкие цены на них, которые были характерны в течение многих лет в нашей стране, не создавали экономической мотивации для перехода на ресурсосберегающие технологии в гальванических производствах. Сегодня ситуация изменилась: экономное расходование цветных металлов стало важной проблемой для промышленных предприятий, а переработка и утилизация осадков сточных вод

гальванических производств переходит в сферу экономически выгодного предпринимательства.

Необходимо отметить, что основное количество воды в процессе нанесения гальванических покрытий расходуется на промывные операции. В связи с этим возникает необходимость использования технологий и методов очистки промстоков, которые бы позволяли создавать замкнутые водооборотные циклы и возвращать в производство не только очищенную воду, но и ценное вторичное сырье.

Нами были проведены исследования по очистке промывных вод гальванических производств от ионов цинка обратнoосмотическим и ионообменным методом.

На первом этапе эксперимента очистку производили на обратнoосмотической установке с использованием двух типов мембранных рулонных элементов – ацетатцеллюлозного и композитного. Исследуемые мембраны имеют различный диапазон рабочих давлений: для ацетатцеллюлозной он составляет от 1 до 50 атм., для композитной – от 1 до 10 атм.

Для проведения опытов были наведены модельные растворы с концентрациями ионов цинка 10, 50 и 100 мг/л с кислой реакцией среды. Результаты экспериментов представлены на рисунках 1 и 2.

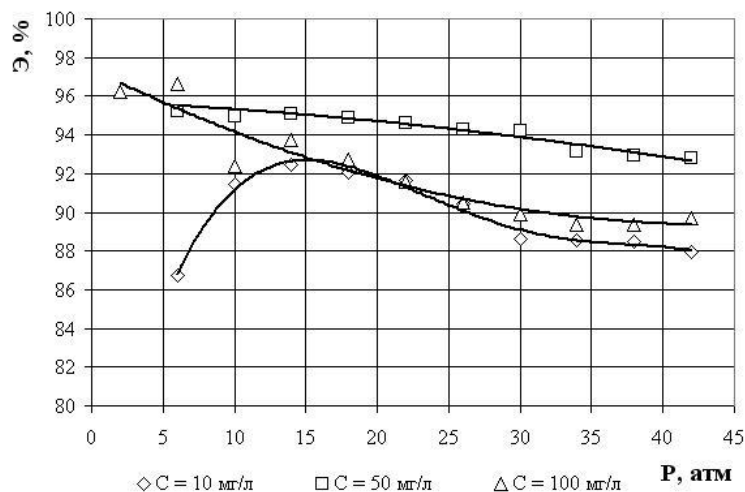


Рисунок 1 – Зависимость селективности извлечения ионов цинка (Э) от рабочего давления (Р) на ацетатцеллюлозной мембране

Как видно из рисунка 1, для кривой с начальной концентрацией 10 мг/л характерно наличие экстремума с максимальным значением селективности 92,8% при давлении 15 атм. Для кривых, соответствующих концентрациям 50 и 100 мг/л, наблюдается снижение селективности с ростом давления, более выраженное для кривой с начальной концентрацией 100 мг/л.

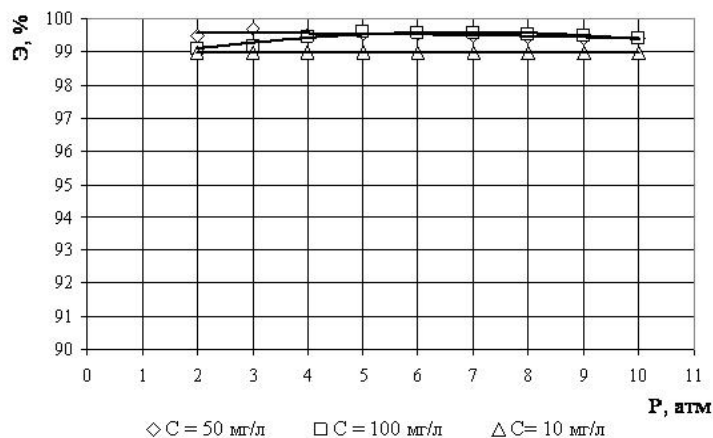


Рисунок 2 – Зависимость селективности извлечения ионов цинка (Э) от рабочего давления (Р) на композитной мембране

Результаты исследования на композитной мембране показали, что все зависимости имеют схожий характер. Для всего интервала давлений характерно практически постоянное значение селективности не ниже 99%.

На втором этапе изучалась очистка воды от ионов меди с помощью природных минеральных сорбентов – бентонитовых глин Таганского месторождения. Изучались кальциевые бентониты 12-го горизонта. Предварительно глины были подвергнуты содовой активации.

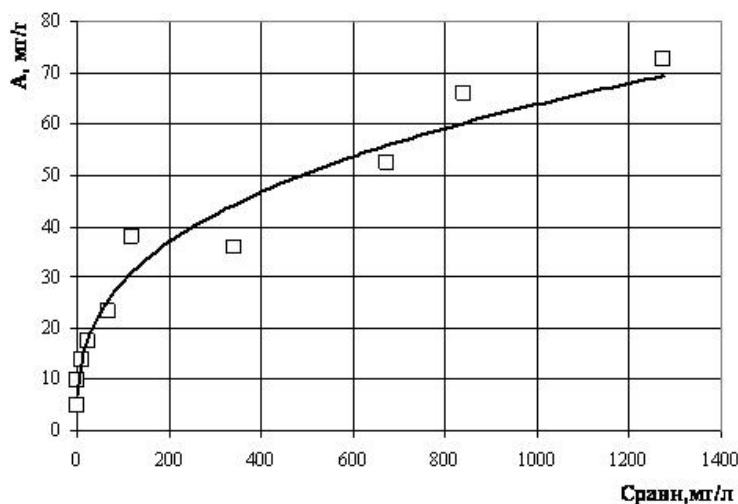


Рисунок 3 – Кривая сорбции бентонитовой глины Таганского месторождения с проведением содовой активации

Для изучения статической емкости исследуемых материалов были наведены растворы с концентрациями от 100 до 2000 мг/л. По полученным результатам была построена изотерма сорбции, приведенная на рисунке 3. Как видно, максимальная сорбционная емкость составила 73 мг/г. В диапазоне равновесных концентраций от 1 до 100 мг/л зависимость имеет линейный характер.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать композитные мембранные обратноосмотические элементы для очистки стоков, содержащих катионы цинка. Результаты исследований на бентонитовых глинах определили возможность их применения для извлечения ионов цинка из воды, при этом необходимо проведение дополнительных исследований.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЕНЗОЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ КОКСОВОГО ГАЗА

Карандашова М.В. - студент, Кормина Л.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Бензольные углеводороды относятся к важнейшим химическим продуктам, на основе которых базируется современный органический синтез. Во всех технически развитых странах наблюдается устойчивый рост потребления бензола, толуола, ксилолов, которые являются основными составляющими сырого бензола.

Бензольные углеводороды получают в нефтехимическом и коксохимическом производствах. Долевое участие нефтехимической и коксохимической промышленности в производстве бензола и его гомологов в зарубежных странах различно и зависит от степени развитости соответствующих производств. В странах СНГ с развитой коксохимической промышленностью бензольные углеводороды представляются важной составляющей всего производства ароматических углеводородов. Для большинства коксохимических предприятий характерны повышенные потери бензольных углеводородов с обратным коксовым газом. В связи с этим определен практический интерес представляет анализ

технологии и технических средств, обеспечивающих извлечение бензольных углеводородов из коксового газа.

Большое число технологических установок с оборудованием различного типа, в которых проходит процесс извлечения бензольных углеводородов при различных физико-химических условиях, затрудняет их выбор. Во многих случаях выбор типа аппарата определяется установившимися традициями: часто скрубберы проектируют так, что они работают не в оптимальных режимах, а это ведет к неверному представлению об эффективности аппаратов. При сравнительном анализе необходимо учитывать и масштабы сравниваемых технологических установок.

Лучшей установкой следует считать такую, для которой технико-экономические показатели будут наиболее высокими. В качестве критерия эффективности ведения процесса в конкретных технологических условиях принимают съем продукции (сырого бензола) с единицы объема задействованных скрубберов, а в качестве критерия энергоемкости ведения процесса – потери напора, приходящиеся на одну ступень переноса.

Известный концерн «Тиссен» (Германия) строит установки улавливания химических продуктов коксования (аммиак, сероводород, бензол, нафталин), основой которых являются турбулентные скрубберы с насадками из просечно-вытяжного металла.

Скруббер представляет собой многоступенчатый аппарат, снабженный пакетами насадки, выполненной из вертикально расположенных параллельно друг другу просечно-вытяжных листов. По высоте пакета в несколько рядов установлены отражательные деревянные планки, перекрывающие каналы между смежными листами через один. При этом, если в первом ряду перекрываются четные каналы, то во втором – нечетные. Отражательные деревянные планки, определяющие расстояние между листами, направляют движущийся газ по зигзагообразному пути через перфорацию листа, смоченную пленкой поглотительного масла. Для равномерного распределения взаимодействующих газа и поглотителя между ступенями размещены вихревые перераспределительные тарелки.

В фирменных материалах фирмы «Карл Штиль» указано, что для абсорбции целесообразно использовать высококачественное поглотительное масло «Сольвей». При этом гарантируется извлечение бензольных углеводородов до 2 г/м^3 . Из рекламных проспектов концерна «Тиссен» следует, что на газовый поток в $120 \text{ тыс.м}^3/\text{ч}$ газа устанавливают один скруббер диаметром $5,4 \text{ м}$. По ориентировочным расчетам высота этого скруббера должна быть не менее 49 м .

На ряде производств США и Японии эксплуатируются технологические установки для извлечения бензольных углеводородов, в которых использованы безнасадочные скрубберы. В этих аппаратах поглотитель, распыленный в виде мелких капель в газовой фазе, образует развернутую поверхность массообмена. Безнасадочные скрубберы, которые строит американская фирма «Вильпут», представляют собой колонну высотой около 50 м и диаметром $7,5 \text{ м}$. Для распыления поглотителя по всему объему аппарата абсорбционная колонна делится на ступени. Масло, поступающее в верхнюю часть колонны, распыляется с помощью гравитационных форсунок низкого давления.

Фирмой «Син ниппон сэйтэцу» (Япония) разработаны и реализованы в промышленных условиях скрубберы с насадками типа «Телярэт» из полипропилена, предназначенные для замены вышедшей из строя спиральной металлической насадки. Фирма применяет способ послыной укладки пакетов насадки с определенным расстоянием между слоями. При этом общая высота насадки по сравнению с применяемыми ранее уменьшилась в $2 - 12$ раз. Бензольные скрубберы с послыным расположением полипропиленовой насадки находятся в эксплуатации на заводе в Тобато. Фирма акцентирует внимание на незначительном увеличении сопротивления аппарата (с $0,8$ до 1 кПа).

Установка для извлечения бензольных углеводородов пропускной способностью $135 \text{ тыс.м}^3/\text{ч}$ коксового газа состоит из четырех параллельных технологических установок: по два модернизированных скруббера в каждой. Скрубберы диаметром $2,8 \text{ м}$ и высотой 27 м заполнены уже упоминавшейся насадкой ($5 - 12$ слоев) высотой $0,2 - 0,5 \text{ м}$ в каждом слое и

орошаются каменноугольным маслом (удельный расход 1,2 – 2,2 кг/м³). При температуре извлечения 25 – 28 °С содержание бензольных углеводородов в газе после очистки в зимнее время не превышает 5, в летнее 10 г/м³.

Для улавливания бензольных углеводородов в условиях нового коксохимического производства металлургического завода разработана технологическая установка со скруббером с ориентированной насадкой. В этом скруббере насадка разбита на секции высотой 1000 мм. В каждой секции материал намотан по спирали на центральную несущую трубу. Необходимое расстояние между «витками» обеспечивают установочные прокладки, способствующие получению заданной формы насадки и одновременно препятствующие размотке. В верхней части колонны над верхней секцией насадки размещен первичный распределитель жидкости. Непосредственно на корпусе колонны находится каплеотделитель пластинчатого типа, расположенный в расширяющейся части колонны.

В коксохимических производствах СНГ на смену технологическим установкам с бензольными скрубберами с деревянной хордовой насадкой пришли установки с современными аппаратами. Так на некоторых предприятиях России (Нижний Тагил, Кемерово и др.) эксплуатируется схема извлечения бензольных углеводородов с применением скрубберов с плоскопараллельной насадкой. Технологическая схема представлена двумя последовательно включенными по газу и поглотительному маслу скрубберами диаметром 3,6 м и высотой 37,5 м.

На ряде коксохимических производств Украины (Запорожский, Алчевский, Авдеевский заводы) в промышленной практике используют установки, в которых применены скрубберы с Z – образной насадкой. На газовый поток мощностью до 80 тыс.м³/ч установлены по два последовательно включенных скруббера диаметром 3,6 м и высотой 32 м. При работе на поглотительном масле, характерном для коксохимических предприятий СНГ, с удельным расходом 2л/м³ бензольные углеводороды извлекают до 4 – 5 г/м³; при этом сопротивление скрубберов составляет 2,5 – 2,8 кПа.

На некоторых коксохимических предприятиях СНГ применяли установки, в состав которых входили барботажные абсорберы. Согласно проектным разработкам для улавливания бензольных углеводородов из газового потока в 53 тыс.м³/ч при работе на соляровом масле с расходом 100 – 120 м³/ч требуется 32 – 35 пластинчатых тарелок. Расчетное гидравлическое сопротивление подобного абсорбера не должно превышать 4 кПа.

УЛАВЛИВАНИЕ АММИАКА ИЗ КОКСОВОГО ГАЗА

Чиркова Н.Н. – студент, Кормина Л.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Извлечение аммиака из коксового газа – обязательная технологическая операция при подготовке газа к его дальнейшему использованию. Это обусловлено следующими обстоятельствами:

- необходимостью удаления компонента, способствующего интенсивной коррозии газопроводов и оборудования;
- для предупреждения образования отложений в газоподводящих коммуникациях и регулировочных устройствах коксовых батарей;
- для нормальной эксплуатации бензольно-скрубберных отделений и цехов сероочистки;
- с целью уменьшения количества вредных выбросов, особенно оксидов азота в атмосферу при сжигании газа;
- необходимостью получения продукта, применяемого в сельском хозяйстве в качестве удобрения.

Потери аммиака с газом после сульфатных отделений не должны превышать 0,03 г/м³.

Практически на всех коксохимических предприятиях очистка от аммиака осуществляется промывкой газа водой либо кислотами.

Известны три способа получения сульфата аммония: прямой, полупрямой и косвенный.

Прямой способ, заключающийся в улавливании аммиака из горючего и недостаточно очищенного от смолы коксового газа, сохранился за рубежом (ФРГ) только на нескольких предприятиях.

При *косвенном* способе аммиак поглощается холодной водой при промывке газа в скрубберах. Из скрубберной воды аммиак отгоняется на дистилляционных колоннах, пары из которых поступают в сатуратор для получения сульфата аммония либо конденсируются с образованием концентрированной аммиачной воды. Важнейший недостаток – необходимость циркуляции весьма больших объемов жидкости, что связано с большим расходом водяного пара, и следовательно, высокими эксплуатационными затратами. При последовательных стадиях процесса и при дальнейшем хранении часть аммиака теряется.

По *полупрямому* способу из охлажденного и очищенного от смолы газа аммиак поглощается при непосредственном контакте с серной кислотой с последующим выделением из пересыщенного раствора кристаллической соли. Важнейшим преимуществом полупрямого метода по сравнению с прямым является уменьшение более чем вдвое выработки водного аммиака; значительно снижаются расход водяного пара на переработку аммиака и эксплуатационные затраты. Размеры капвложений и габариты установки меньше, чем при косвенном методе. Значительно снижаются потери аммиака.

В промышленности применяют два способа получения сульфата аммония: улавливание аммиака из газа пересыщенным (по сульфату) слабым раствором серной кислоты с последующим выделением в центрифуге выпавших из раствора кристаллов соли (сатураторный процесс); улавливание аммиака из газа орошением его в полном абсорбере ненасыщенным раствором серной кислоты с упаркой части раствора и отделением кристаллов от концентрированной пульпы в центрифуге (бессатураторный процесс).

У сатураторного способа улавливания аммиака есть существенные недостатки:

- невозможность совмещения в одном агрегате равноценных функций абсорбции аммиака и получения качественной соли с высокими гранулометрическими и экологическими показателями;
- высокое сопротивление сатуратора проходу газа, что вызывает проблемы с его транспортом и увеличивает энергетические затраты;
- образование трудноутилизируемых кислых отходов (смолки, шламов);
- производимый продукт – дорогостоящий, экономически нерентабельный, имеет ограниченный сбыт.

Необходимо также учитывать экологические недостатки процесса: значительные выбросы кислых и других вредных веществ в атмосферу, применение концентрированной серной кислоты.

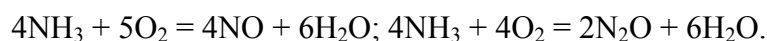
Бессатураторные установки имеют определенные преимущества перед сатураторными:

- почти вдвое меньшее сопротивление абсорберов проходу газа и отсутствие необходимости их промывки;
- после выпарного аппарата получают крупные кристаллы соли, что улучшает работу центрифуг, сушилок; уменьшается слеживаемость соли, улучшаются ее качество и экологические характеристики;
- «отгазовка» маточного раствора в испарителях способствует снижению количества вредных выбросов в рабочих помещениях, что улучшает условия труда обслуживающего персонала;
- технологический процесс бессатураторных установок в значительной степени автоматизирован, что делает их эксплуатацию более стабильной.

Широко известен способ извлечения аммиака водой, при котором исключается расход дефицитной кислоты. Но и этот способ имеет свои недостатки: высокую чувствительность к температуре улавливания, низкую аммиакоемкость, малую селективность абсорбента. Последнее обстоятельство нужно особенно учитывать, когда промышленные газы кроме аммиака содержат также примеси газов кислого характера.

На процесс абсорбции аммиака водой наиболее существенно влияет диоксид углерода, при взаимодействии которого с растворенным в воде аммиаком образуется карбамат аммония: $\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 = \text{H}_2\text{COONH}_4$; при этом уменьшается давление аммиака над раствором, а условия абсорбции улучшаются.

Извлечение аммиака из коксового газа не всегда является целесообразным с экономической точки зрения. Так, в ФРГ стоимость 1 т серной кислоты на 18 марок превышает доход от реализации полученного сульфата аммония, а в ряде районов США сульфат аммония как нерентабельный продукт становится нежелательным отходом производства. Убыток составляет 10-30 долларов на 1 т сульфата. Поэтому определенный интерес представляют процессы, направленные на разложение аммиака. Принципиально разложение аммиака возможно его сжиганием или каталитическим расщеплением. При сжигании аммиака кроме основной реакции $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ могут протекать реакции:



В ФРГ запатентован способ очистки газа от аммиака с помощью пористой амфотерной ионообменной смолы (Пат. 2023166 ФРГ; Пат. 52-20031 Япония). Предложен эффективный поглотитель аммиака, содержащий катионообменную смолу – сополимер стирола и дивинила с функциональными сульфогруппами в медной форме. Газовую смесь, содержащую малые количества аммиака, смешивают с таким количеством кислорода, чтобы молекулярное соотношение $\text{O}_2 : \text{NH}_3$ составляло 3:1, и полученную смесь пропускают через слой катализатора (Ru или Pt) при 150-400 °С, при этом аммиак окисляется до азота.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БИНАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ БУТАНОЛЬНО-ТОЛУОЛЬНОЙ СМЕСИ

Кравченко Н.И. - студент, Окунева Е.Н. - студент, Тарасова М.Н. - аспирант, Лазуткина Ю.С. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Жизнедеятельность человека, его хозяйственная деятельность неизбежно приводят к образованию отходов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Основные направления инженерной защиты от антропогенных воздействий - это внедрение ресурсосберегающих и малоотходных технологий, биотехнология, утилизация и обезвреживание отходов, т.е. экологизация всего производства. Эти принципиальные направления основаны на цикличности материальных ресурсов и заимствованы у природы.

Целью нашей работы является разработка малоотходной ресурсосберегающей технологии разделения бутанольно-толуольной смеси (БСТ), образующейся после локальной очистки сточных вод в производстве кремнийорганических эмалей, которое освоено на одном из химических предприятий Алтайского края.

Количество образующейся смеси растворителей составляет 1460 т/год, в состав входят (масс. %): этанол - 72,4; бутанол - 9,7; толуол - 6,8; хлорбензол - 4,5; вода - 6,6.

Основным способом разделения смесей сложного органического состава является процесс ректификации, для математического моделирования которого необходимо определить параметры бинарного взаимодействия между составляющими БСТ. Для этого на первом этапе научных исследований нами было экспериментально изучено равновесие жидкость-пар. Оно позволяет, прежде всего, выявить характер и степень отклонений системы от законов поведения идеальных растворов и оценить взаимовлияние компонентов. На основе фазовых равновесий в бинарных составляющих могут быть получены фазовые равновесия в любых n-компонентных системах, определен их фазовый портрет.

В литературных источниках были найдены данные по парожидкостному равновесию (ПЖР) для семи систем из десяти возможных.

Экспериментально ПЖР исследовалось в изобарических условиях при атмосферном давлении в циркуляционном приборе Джилеспи для систем бутанол-хлорбензол и этанол-хлорбензол.

Опытные и литературные данные подвергались математическому описанию с помощью уравнения Вильсона в программной реализации НИИНЕФТЕХИМа, г. Уфа:

$$\lambda_{ijL} = VF / V_i \exp(-\lambda_{ij} / RT)$$

где F-поправка;

V-мольный объем индивидуального компонента;

λ_{ij} -параметры уравнения.

При выборе данной модели руководствовались рекомендациями и спецификой используемых в дальнейшем программ. Ввиду неполных данных (X - T - P) использовали функции минимизации вида:

$$\Phi_1 = \sum (T_{кип}^э - T_{кип}^р)$$

$$\Phi_2 = \sum [(T_{кип}^э - T_{кип}^р) / T_{кип}^э]$$

где $T_{кип}^э$, $T_{кип}^р$ - экспериментальные и расчетные температуры кипения смеси, °C;

n - количество точек.

Параметры бинарного взаимодействия определяли в предположении идеальности паровой фазы.

Для математического описания ПЖР в справочной литературе были найдены критические константы, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Критические параметры компонентов смеси БСТ

Компонент	Критическая температура, К	Критическое давление, атм.	Фактор ацентричности Питцера	Мольный объем, см ³ /моль
Вода	647,3	217,6	0,344	18,020
Этанол	516,3	63,0	0,630	57,738
Бутанол	562,9	43,6	0,590	71,908
Толуол	593,6	41,6	0,241	106,274
Хлорбензол*	781,4	42,5	0,208	115,000

*-собственные расчетные данные

Результат математической обработки – параметры бинарного взаимодействия (λ_{12} , λ_{21}) для всех двухкомпонентных систем исследуемой смеси представлены в таблице 2 и 3.

Таблица 2 – Параметры уравнения Вильсона для бинарных составляющих исходной смеси

Система	Параметры	
	λ_{12}	λ_{21}
Этанол-хлорбензол	0,3803	0,3383
Толуол-хлорбензол	0,4514	1,5150
Этанол-толуол	0,3450	0,2808
Этанол-вода	0,0413	0,5576
Вода-бутанол	0,3203	0,0787
Бутанол-толуол	0,7443	0,3732
Бутанол-хлорбензол	0,4149	0,7121
Этанол-бутанол	0,6449	1,5500
Вода-хлорбензол	0,0019	0,0042
Вода-толуол	0,0776	0,0783

Таблица 3 – Параметры NRTL для бинарных составляющих исходной смеси

Система	Параметры		
	λ_{12}	λ_{21}	α
Этанол-хлорбензол	0,9325	0,8563	0,3
Толуол-хлорбензол	-0,6505	1,0640	0,3

Этанол-толуол	0,4760	0,4941	0,3
Этанол-вода	4,8280	3,1880	0,3
Вода-бутанол	2,6840	5,3380	0,3
Бутанол-толуол	1,0740	1,1294	0,3
Бутанол-хлорбензол	0,2088	0,9296	0,3
Этанол-бутанол	-0,4789	0,4483	0,3
Вода-хлорбензол	6,6770	1,4230	0,3
Вода-толуол	0,8036	3,0000	0,3

На основе полученных параметров математического моделирования были построены графики фазового равновесия всех бинарных составляющих исходной смеси.

Таким образом, в результате математического описания данных по ПЖР в двухкомпонентных системах, получена математическая модель равновесия в виде набора параметров бинарного взаимодействия, которая адекватно воспроизводит особенности фазового пространства исходной пятикомпонентной системы и позволяет моделировать процесс ректификации БСТ. Полученные экспериментальные данные по парожидкостному равновесию будут в дальнейшем использованы для расчета процесса ректификации при оптимизации принципиальных технологических схем разделения исследуемой смеси.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА, ПРИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИИ ВОДЫ НА БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКНАХ

Лондаренко И.В. – студент, Лебедев И.А. – к.т.н., доцент, Андреева Н.Г. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время остро стоит проблема обеспечения населения Алтайского края качественной питьевой водой. Известно, что основным загрязнителем артезианских вод, которые весьма широко используются для водоподготовки, являются ионы железа. Поэтому весьма актуальным является создание новых технологий обезжелезивания воды. В настоящей работе проведено математическое описание процесса очистки воды от железа на базальтовых волокнах.

Из полученных на экспериментальной установке результатов следует, что процесс очистки воды от железа необходимо осуществлять на фильтровальном элементе с загрузкой из воздушного волокна с плотностью укладки $\rho_{\text{укл}}$ от 50 до 100 кг/м³.

Для получения экспериментальных данных, более приближенных к промышленному уровню, нами была спроектирована пилотная фильтровальная установка. Изучение процесса очистки проводили в соответствии с полным факторным экспериментом (ПФЭ). Преимуществом факторных экспериментов является возможность оценки взаимодействия при большом числе независимых переменных. В качестве, основных факторов ($k=3$) влияющих на процесс очистки, выбраны: плотность укладки ($\rho_{\text{укл}}$, кг/м³), высота слоя загрузки (h , мм) и начальная концентрация железа (C_n , мг/л).

Опыты проводили на двух уровнях ($m=2$), в соответствии с чем, число необходимых экспериментов составило: $N=m^k=2^3=8$. Координатами центра факторного пространства являются: $Z_1^0=\rho_{\text{укл}}=75$ кг/м³, $Z_2^0=h=100$ мм и $Z_3^0=C_n=2$ мг/л. Диаметр фильтровального элемента $D=65$ мм, и скорость фильтрования $\omega=10$ м/ч являлись стационарными и в опытах не изменялись. Сформированное факторное пространство представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Условия проведения эксперимента

Натуральные факторы	Плотность укладки, кг/м ³ , (Z_1)	Высота слоя загрузки, мм, (Z_2)	Начальная концентрация железа, мг/л, (Z_3)
Основной уровень, Z_i^0	75	100	2
Шаг варьирования, ΔZ_i	25	50	1
Верхний уровень, Z_i^{max}	100	150	3
Нижний уровень, Z_i^{min}	50	50	1

Параметры математической модели получены путем обработки экспериментальных данных на ЭВМ и приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты уравнений регрессии и критерии Стьюдента, полученные на ЭВМ

Расчетные данные для описания $Y_1^* = f(X_1 X_2 X_3)$								
Индекс при коэффициенте	0	1	2	3	12	13	23	123
Коэффициент уравнения регрессии, b	12.81	4.02	2.97	-2.80	0.40	-0.75	-0.51	0.79
Критерий Стьюдента, t	126.0	39.5	29.2	27.6	3.9	7.4	5.0	4.8
Расчетные данные для описания $Y_2^* = f(X_1 X_2 X_3)$								
Коэффициент уравнения регрессии, b	1581	877	473	70	128	-88	-50	-45
Критерий Стьюдента, t	65.1	36.1	19.5	2.9	5.3	3.6	2.1	1.9

В таблице 2 жирным курсивом выделены незначимые коэффициенты, которыми можно пренебречь, что приводит к упрощению математического описания процесса и облегчает его практическое применение.

После оценки значимости коэффициентов по критерию Стьюдента (t_i), в соответствии с условием $t_i > t_{\text{табл}}$ и их округления, а так же сравнения дисперсий по статистическому критерию Фишера (F), подтверждающих адекватность описания процесса уравнения регрессии принимают вид:

$$T = -15,61 + 0,35 \cdot \rho_{\text{укл}} + 0,17 \cdot h + 5,21 \cdot C_H - 0,13 \cdot 10^{-2} \cdot \rho_{\text{укл}} \cdot h - 0,09 \cdot \rho_{\text{укл}} \cdot C_H - 0,06 \cdot h \cdot C_H + 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{\text{укл}} \cdot h \cdot C_H, \text{ ч};$$

$$\Delta P = -1228 + 24,8 \cdot \rho_{\text{укл}} + 1,8 \cdot h + 0,1 \cdot \rho_{\text{укл}} \cdot h, \text{ мм вод. ст}$$

Для расчета высоты загрузки - основного параметра, влияющего на время защитного действия и величину потерянного напора из уравнения регрессии получим следующую зависимость:

$$h = \frac{15,61 + T - 5,21 \cdot C_H + \rho_{\text{укл}} (0,09 \cdot C_H - 0,35)}{0,17 - 0,06 \cdot C_H + \rho_{\text{укл}} (0,6 \cdot 10^{-3} \cdot C_H - 0,13 \cdot 10^{-2})}, \text{ мм.}$$

Результаты математического моделирования позволяют решать задачу оптимизации процесса обезжелезивания, т.е. обеспечения максимального времени защитного действия загрузки при минимальных потерях напора, а также производить расчет высоты слоя загрузки.

РЕКОНСТРУКЦИЯ КАМЕР ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ООО «БАРНАУЛЬСКИЙ ВОДОКАНАЛ»

Костенкова М.В – студент, Сартакова О.Ю – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Неблагоприятное экологическое воздействие на окружающую среду резко обостряет проблему качества питьевой воды. Так как в короткие сроки изменить экологическую обстановку на объектах водоснабжения невозможно, возникает острая необходимость в современных технологиях в области питьевого водоснабжения.

Существующий городской водопровод был построен в 1916-20 годах и в дальнейшем неоднократно расширялся и реконструировался.

Для цели хозяйственного водоснабжения г. Барнаула было принято использовать реку Обь. Сырая вода насосами насосных станций по водоводам подается на очистные сооружения, где

проходит очистку по циклам: коагуляция, смешение, отстаивание, фильтрование, обеззараживание.

Данная технологическая схема для подготовки хозяйственного водоснабжения г. Барнаула позволяет достичь требуемого эффекта очистки воды. Однако, в технологии имеются недостатки. Существует проблема утилизации большого объема осадка образующегося в камерах хлопьеобразования встроенных в горизонтальный отстойник и дальнейшего его использования.

Процессы хлопьеобразования оказывают решающее влияние на эффективность работы всего комплекса сооружений по очистке природных вод, как на стадии отстаивания, так и фильтрования. Применяемые камеры хлопьеобразования гидравлического типа, встроенные в отстойники, из-за своего конструктивного несовершенства не могут обеспечить необходимых условий для эффективного хлопьеобразования. В значительной степени это относится к процессам хлопьеобразования при осветлении высокомутных цветных вод в периоды низких температур. При очистке таких вод в свободном объеме гидравлической камеры образуются мелкие, легкие хлопья, которые, плохо осаждаюсь в отстойниках, выносятся на фильтры.

Проблема может быть решена путем увеличения турбулентности в камерах хлопьеобразования, посредством установки рециркуляторов, на 1-ой ступени рециркуляции по внутреннему контуру части осадка в зону ввода в сооружение обработанной коагулянтной очищаемой воды. Принцип их работы заключается в том, что в камеры хлопьеобразования устанавливаются низконапорные эжекционные рециркуляторы, подающие в камеры исходную воду. Они располагаются таким образом, что через них одновременно подсасывается (без разрушения структурных свойств) взвесь и осадок, осевший на дно камеры. Осадок, частично возвращенный в поток обрабатываемой воды, способствует увеличению в 2-3 раза массовой и объемной концентрации взвешенного слоя.

При этом рециркуляция осуществляется эжектированием части ранее сформировавшегося осадка в очищаемую воду и его последующим движением по «внутреннему контуру», т.е. без вывода из сооружения. Рециркулируемый осадок в данном случае играет роль дополнительно вводимых в воду центров хлопьеобразования, способствующих образованию новых хлопьев с большей плотностью и прочностью.

Эта технология позволяет процесс коагуляции в объеме перевести в режим контактной коагуляции, что позволяет:

- уменьшить время протекания процесса;
- сократить дозы реагентов;
- повысить плотность и прочность вновь образовавшихся хлопьев и, следовательно, их гидравлическую крупность.

В целом, благодаря контактной коагуляции процесс хлопьеобразования смещается от пространственного структурообразования к автокаталитической коагуляции, характеризующейся большей сорбцией и адгезией.

Еще одним из имеющихся недостатков в технологической схеме является применение традиционных реагентов (коагулянта - сернокислого алюминия и флокулянта - полиакриламида) на контактных осветлителях. Проблемами являются:

- интенсивный рост потерь напора в загрузке контактных осветлителей и, как следствие, их преждевременный выход на промывку;
- необходимость при низком щелочном резерве очищаемой воды проводить ее предварительное подщелачивание (для осуществления полного гидролиза коагулянта);
- невозможность во многих случаях обеспечить в очищаемой воде нормируемое количество остаточного алюминия;
- значительный расход сернокислого алюминия, в результате чего повышается коррозионная активность очищаемой воды, приводящая к увеличению скорости коррозии трубопроводов.

Указанные недостатки обусловлены тем, что полиакриламид является анионным флокулянт, и его применение при очистке воды не обеспечивает возможность снижения необходимой для осуществления процесса дозы коагулянта, а, соответственно, и грязевой нагрузки, приходящей на сооружения.

На данном этапе целесообразно применять оксихлорид алюминия (ОХА) и полиоксихлорид алюминия (ПОХА). Реакция растворения ОХА и ПОХА в воде экзотермична, поэтому они хорошо работают даже в холодной воде, а обеззараживающее действие образующегося НСІ позволяет исключить первичное хлорирование. Представленные реагенты более эффективны и позволяют проводить процесс при меньших дозах, что существенно снижает стоимость процесса очистки, остаточную концентрацию Al^{3+} и сокращает объем образующегося осадка.

В настоящей работе произведен анализ технологических решений актуальных в Мировой практике водоподготовки. На основании которого, с учетом выявленных недостатков существующих на ЦСВ МУП «Барнаулводоканал», был предложен вариант реконструкции, подкрепленный необходимыми конструкционными расчетами, материальными балансами и технико-экономическими показателями.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЦЕХА МЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКА КОС-1 г. БАРНАУЛА

Колупаева С.С – студент, Сартакова О.Ю – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сточные воды образуются при использовании природной или водопроводной воды для бытовых целей, и технологических процессов промышленных предприятий. Сточные воды содержат в своем составе органические загрязнения, которые способны загнивать и служить средой для развития различных микроорганизмов. Такие воды являются источником различных заболеваний и распространения эпидемий. Сточные воды могут содержать в своем составе и минеральные загрязнения, вредные и токсичные вещества.

Первая очередь канализационных очистных сооружений (КОС) г. Барнаула построена по рабочим чертежам ПО «Гипрокоммунпроект», выпущенным в 1964 г.

Строительство второй очереди КОС по рабочим чертежам НО «Гипрокоммунводоканал», г. Новосибирск выполнено в 1983-1985 гг.

В настоящее время в работе находятся сооружения производительностью 200 тыс. м³/сут.

Сточные воды на КОС-1 поступают от Центрального, Октябрьского, Железнодорожного и частично с Ленинского и Индустриального районов.

На предприятии КОС-1 сточные воды поступают на очистку с величиной $BPK_{полн.}=217,3$ мг/л, а очищенные стоки имеют $BPK_{полн.}=17,3$ мг/л. Таким образом, предусмотрена технология и оборудования для очистки сточных вод позволяют достичь необходимого эффекта очистки (до 95 %) воды по органическим примесям. Тем не менее в технологии имеются недостатки; что обуславливает необходимость реконструкции и выработки конкретных технологических предложений:

1. Применение азрируемых песколовок;
2. Использование газа из метантенков в качестве дополнительного источника энергии;
3. Введение стадии механического обезвоживания осадка.

На стадии механической очистки сточная вода проходит через песколовки, в которых удаляются минеральные примеси. Скорость движения воды в песколовки от 0,15 до 0,3 м/с. Продолжительность пребывания воды в песколовке не менее 30 секунд. Для поддержания постоянной скорости потока в песколовке устраивают не менее двух отделений, включением или отключением одного из них добиваются оптимальной скорости.

Для улучшения качества песка, отводящегося из песколовки, целесообразно применение азраторов. Вдоль одной из стенок по всей длине песколовки на расстоянии 45- 60 см от дна устанавливают азраторы из дырчатых труб с отверстиями 3-5 мм, а под ними устраивают

лоток для сбора песка. Это позволяет достичь более высокого эффекта осаждения, снизить загниваемость песка и улучшить санитарные показатели предприятия. Песок после песколовков можно использовать для посыпки дорожек на территории КОС- 1.

При эксплуатации настоящих очистных сооружений на атмосферный воздух оказывается негативное воздействие, одним из источников воздействия является метантенк. Обезвоженный осадок из метантенка направляется на иловые площадки, а газ – метан, полученный при сбраживании, через газовый насос выделяется в атмосферу.

Для того, чтобы исключить выброс метана в атмосферу, газ целесообразно направлять в котельную, где его можно использовать в качестве дополнительного топлива для обогрева административно – бытовых зданий и непосредственно подогрева самого метантенка, что обеспечит более полное сбраживание осадка и одновременно сократит время термофильного брожения.

На предприятии существует острая проблема утилизации сырого осадка и последующего его использования, так как его образуется очень много и нельзя использовать из-за большого содержания тяжелых металлов. Необходимо дополнить технологию стадией механического обезвоживания осадка. Что практически на 95 % сократит объем осадка и при этом будет требоваться значительно меньше времени для его обезвоживания. На практике существующие методы механического обезвоживания осадка осуществляются на фильтр-прессах ленточного типа с предварительной обработкой воды флокулянтами. Фильтры-прессы просты в эксплуатации и полностью автоматизированы, не требуют больших капитальных и эксплуатационных затрат.

Фильтр состоит из нескольких фильтровальных плит и фильтрующей ткани, протянутой между ними с помощью направляющих роликов. Поддерживающие плиты связаны между собой четырьмя вертикальными опорами, воспринимающими нагрузку от давления внутри фильтровальных плит. В натянутом состоянии ткань поддерживается с помощью гидравлических устройств. Цикл работы фильтр – пресса включает следующие операции: сборку фильтра, загрузку осадком, отжим, просушку, раскрытие фильтра, выгрузку обезвоженного осадка. Обезвоженный на фильтр – прессах осадок городских сточных вод (если в него предварительно введены химические реагенты) имеет влажность 42-56 %.

При внедрении такой технологии значительно снижается объем и масса осадка бытовых и производственных сточных вод.

В настоящей работе произведен выбор, конструктивный расчет предлагаемого оборудования, а также предложено технико-экономическое обоснование проекта, что позволит рассмотреть вариант реконструкции существующей технологической схемы на предприятии КОС-1 г. Барнаула.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ «КОС-2» г. БАРНАУЛА

Шаульская М.В. - студентка, Сартакова О.Ю - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для защиты природных водоемов от загрязнения сточными водами в 60-80-х гг. прошлого столетия активно велось строительство очистных сооружений, однако, уже в конце 80-х, в связи с экономическим кризисом, строительство новых, а также реконструкция старых сооружений существенно сокращены.

На предприятии «Канализационные очистные сооружения № 2» г. Барнаула» принята традиционная схема очистки городских сточных вод, которая состоит из:

- механической очистки на решетках, в песколовках, первичных отстойниках;
- биохимической очистки в аэротенках-смесителях;
- химического обеззараживания хлорной водой.

Вместе с тем на предприятии предусмотрены мероприятия по обработке образовавшегося в первичных и вторичных отстойниках осадка. Так, уловленные в песколовках минеральные примеси направляются на песковые площадки, где происходит их обезвоживание. Осадок из первичных отстойников, а также избыточный активный ил из

вторичных отстойников подвергается термофильному сбраживанию в метантанке, откуда затем направляется на обезвоживание на иловые карты.

Существующая схема имеет ряд недостатков, в том числе:

-крупные примеси, задержанные на решетках, снимаются вручную, что увеличивает риск производственного травматизма и вероятность инфицирования обслуживающего персонала;

-подача воздуха в преаэратор, аэротенки-смесители, контактный резервуар осуществляется по перфорированным трубам, проложенных по дну сооружений. Отверстия в трубах подвержены засорению хлопьями активного ила, что увеличивает гидравлическое сопротивление трубопроводов и, как следствие, повышает энергозатраты, а в крайнем случае приводит к разрыву пневматической системы.

В настоящей работе предлагается произвести реконструкцию стадии механической очистки с заменой решеток с ручным снятием загрязнений на механизированные.

Как известно, одно из основных направлений перспективного развития систем водоотведения- внедрение энергосберегающих технологий. Наиболее энергоемким процессом при очистке сточных вод является их аэрация (80 % общего потребления электроэнергии). Кроме того, аэрация наиболее ответственный процесс, так как концентрация растворенного кислорода и эффективность перемешивания сточной воды в аэротенке во многом определяет степень окисления органических соединений.

В качестве альтернативы действующей пневматической системы аэрации в аэротенке предлагается внедрить комбинированную систему аэрации, что позволит выделить зоны нитри- денитрификации и снизить расход воздуха на аэрацию воды в аэротенке, с одновременным улучшением показателей очищенной воды по содержанию соединений азота и фосфора.

Этот метод не требует дорогостоящих и дефицитных реагентов, не приводит к увеличению солесодержания стоков и объема осадков.

Для оптимального протекания процессов нитри- денитрификации и биологической дефосфотации аэротенки разделены на технологические зоны, в каждой из которых поддерживаются условия, необходимых для реализаций стадии удаления биогенных элементов. Первый коридор сооружения - анаэробный селектор-вытеснитель (анаэробная зона, где создаются условия, необходимые для развития фосфор аккумулирующих бактерий). В аноксидной зоне, расположенной во втором коридоре сооружения протекает процесс денитрификации. Поскольку оба процесса происходят в бескислородной среде, активный ил поддерживается во взвешенном состоянии с помощью мешалок. В третьем коридоре аэротенка в условиях интенсивной аэрации происходит нитрификация и окисление органических загрязнений. Четвертый коридор аэротенка отводится под регенератор, где происходит регенерация активного ила в присутствии кислорода воздуха. Иловая смесь после аэротенка разделяется во вторичных отстойниках традиционной конструкции.

В настоящей работе произведен конструктивный расчет предполагаемого оборудования. Произведена автоматизация указанных стадий технологической схемы и проведен расчет технико-экономических показателей реконструкции канализационных очистных сооружений КОС-2 г.Барнаула.

ЗАМКНУТЫЕ СИСТЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Нохрина О.А.- студент, Полетаева М.А.- к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Водные объекты Алтайского края испытывают значительную антропогенную нагрузку. Наиболее интенсивно используются ресурсы рек Обь, Бия, Чумыш. В пределах их водосборных бассейнов расположены крупнейшие промышленные предприятия. Класс качества поверхностных вод р.Чумыш в черте г.Заринска оценивается как очень

загрязненные. Ухудшение качества воды связано с повышенным содержанием фосфатов и фенолов.

Наиболее крупным предприятием, расположенном на левобережье реки Чумыш, является ОАО «Алтай-Кокс». Производственное водоснабжение ОАО «Алтай-Кокс» является в основном оборотным и представлено единым общезаводским и семью локальными оборотными циклами.

Около 40% общего количества сточных вод коксохимических предприятий - это неизбежное следствие специфики коксохимического производства, связанной с термической деструкцией каменного угля при получении кокса. В результате выделяющаяся вода (физическая и пирогенетическая влага углей) загрязняется практически всеми химическими продуктами коксования: растворимыми и нерастворимыми ароматическими углеводородами (производными бензола, нафталина, антрацена); одно- и многоатомными фенолами, аммиаком и солями аммония; цианид-, роданид- и сульфид- ионами и др. Очистка, обезвреживание и использование сточных вод коксохимических предприятий является одними из главных направлений в защите окружающей среды от загрязнений.

Сточные воды коксохимического производства – один из наиболее опасных (как источник загрязнения водоемов) и трудных с точки зрения их очистки среди промышленных сточных вод. Поэтому проблема очистки сточных вод коксохимического производства решается комплексом механических, физико-химических и биохимических способов, которые используются для очистки локальных стоков и общего фенольного стока на биохимических установках. Выбор способов и эффективность очистки во многом определяется тем как используются очищенные сточные воды.

Для очистки сточных вод от фенолов применяют несколько методов, которые по конечному результату обработки фенольных вод можно разделить на две группы: регенеративные (с получением фенола в товарном виде) и деструктивные (с уничтожением фенолов).

Регенеративные методы основаны на применении физико-химических процессов для выделения фенолов и получения фенолов или фенолятов. К этим методам относятся паровой и экстракционный. Предложенные методы применяются при высоких концентрациях загрязняющих веществ в воде.

Деструктивные методы базируются на биологических и физико-химических процессах, в результате которых фенолы превращаются в другие менее токсичные вещества. К ним относятся биологические методы, которые используются для доочистки фенольных вод и надсмольных вод от фенолов и роданидов.

Биохимические методы основаны на способности микроорганизмов использовать в качестве питательных веществ и источников энергии растворенные органические и неорганические соединения. Основным преимуществом метода биологической очистки относится способность разрушать различные классы органических соединений.

В настоящее время биологические установки эксплуатируются на всех коксохимических предприятиях. С помощью них достигается стабильная очистка сточных вод от смол, масел, фенолов, роданидов. Однако эффективность биохимической очистки зависит от ряда факторов: температура, реакция среды (рН), кислородный режим, наличие биогенных и токсичных веществ, уровень питания.

Использование биохимического метода сопряжено со значительными расходами электроэнергии и значительными капитальными затратами. Существенным недостатком является также большая чувствительность процесса к условиям среды и связанная с этим неустойчивость и непостоянство результатов очистки. Важную роль в поддержании устойчивости и стабильности процесса биохимической очистки играют системы аэрации.

Системы аэрации подразделяются на механические, пневматические, пневмомеханические и комбинированные, с использованием перфорированных или фильтросных труб, эрлифтных или импеллерных аэраторов и так далее. Основными недостатками, используемой на ОАО «Алтай-Кокс» эрлифтной системы аэрации, являются

повышенное потребление электроэнергии, биообрастание, коррозия и неинтенсивное перемешивание толщи воды.

В результате проведенных обследований очистных сооружений ОАО «Алтайкокс» нами предложено модернизировать систему аэрации, заменив эрлифтные аэраторы на перфорированные трубы марки ПОЛИАТР. Аэраторы марки ПОЛИАТР представляют собой перфорированные трубы, покрытые пленкой (мембраной) с микропрорезями, сформированными лазерным лучом. Принцип действия таких аэраторов заключается в том, что после отключения подачи воздуха, все поры пленочного мембранного аэратора под действием давления воды закрываются, и пленка обволакивает остов элемента, что не допускает проникновения жидкости внутрь элемента. При подаче воздуха пленка раздувается, компенсируя резкий скачок давления, и лишь затем одновременно раскрывая все поры. Происходит процесс постоянного самоочищения элемента аэрации, в том числе и от внешних биообрастаний. Конструкция и используемые материалы обеспечивают почти неограниченную долговечность элементов.

При использовании ПОЛИАТР будет достигнута существенная экономия электроэнергии (до 60%), уменьшено количество работающих воздухоподводящих агрегатов. Перфорация мембран обеспечивает постоянное образование мелких пузырьков, которые поддерживают активный ил во взвешенном состоянии и насыщают его кислородом воздуха. Данная система позволит регулировать расход воздуха в широком диапазоне при стабильных массообменных характеристиках, что предоставит возможность повысить качество очистки загрязненных вод и расширить возможность ее использования.

При осуществлении предложенных мероприятий, часть очищенной воды можно направлять на пополнение оборотного цикла цеха улавливания и очистки коксового газа, где в настоящее время используется свежая техническая вода из реки Чумыш. Это позволит сократить забор свежей технической воды примерно на 5%.

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ МАССООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ ПЛЕНОЧНОГО ТИПА

Удалова Е.В. - студент, Ходосевич Е.В. - студент, Шашков Ю.И. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Ряд ректификационных аппаратов и испарителей работают с использованием центробежной силы. По принципу действия центробежные массообменные аппараты различаются на аппараты с диспергированием жидкости, аппараты барабанного типа и аппараты пленочного типа. Наиболее широкое применение в промышленности находят роторные пленочные колонны, которые благодаря большой эффективности и универсальности применяются для различных процессов тепло- и массообмена. К роторно-пленочным массообменным аппаратам следует также отнести вертикальные колонны с набором чередующихся вращающихся и неподвижных дисков. К созданию достаточно крупных промышленных аппаратов привела реализация метода «термической» ректификации в колонне с охлаждаемым ротором и обогреваемым корпусом.

Созданный по этому принципу, ректификатор основан на конструкции роторно-пленочного испарителя с жестким лопастным ротором. Его производство освоено швейцарской фирмой «Лува». Массообменный аппарат с ротором лопастного типа использован для проведения процессов абсорбции. В ректификационных установках, особенно в тех случаях, когда термическая стойкость перерабатываемых продуктов очень низкая, можно применять роторно-пленочные испарители. Одним из первых теплообменных аппаратов с размазывающим ротором является испаритель «Самбай». За последние годы значительное распространение получили аппараты с коническим корпусом. Аппараты выпускаются в горизонтальном и вертикальном исполнении. Также к научно-техническим разработкам России относится роторный пленочный аппарат, назначение которого - диспергирование пигментов в связующем, проведение процессов тепломассообмена, смешивание жидких и пастообразных материалов в тонком слое. Рекоменгуемая область применения аппарата химическая, фармацевтическая и лакокрасочная промышленности. Преимуществами перед известными аналогами являются

высокая эффективность аппарата, которая достигается установкой в разрезах между лопастями колец, способствующих полному перераспределению продукта из нижних слоев пленки в верхний. В настоящее время этот аппарат внедрен в производство. Технико-экономический эффект, достигаемый аппаратом - это увеличение степени перетира суспензий в 3 раза.

В Региональном Инновационно-Технологическом Центре в г. Обнинске Калужской области разработан роторно-пленочный аппарат. Модуль роторно-пленочного аппарата представляет собой трубу со вставленным в нее ротором. Поступающий в трубу исходный продукт стекает в виде пленки по ее стенке. Лопастей ротора при вращении создают в пленке вихревые структуры, которые интенсифицируют теплообменные процессы в пленке и подавляют процессы образования отложений на поверхности трубы, что обеспечивает эффективную сепарацию жидкой и паровой фаз по сечению трубы. Ориентировочные размеры модуля: высота 4 м, диаметр 0,1 м. Наиболее эффективно модуль РПА функционирует при обогреве паром. Производительность модуля по выпариваемой среде 100-400 кг/час, при этом число оборотов ротора составляет 80-200 об./мин. Данный роторно-пленочный аппарат может быть использован:

- для получения пресной воды (дистиллята) из морской и технической воды, стоков химподготовки тепловых электростанций;
- для концентрирования химически агрессивных сред (ортофосфорной кислоты);
- для сгущения пищевых продуктов (молока, сыворотки, томатной пасты, фруктовых и ягодных соков); веществ, содержащих испаряемую среду;
- для концентрирования жидких радиоактивных отходов. К достоинствам данного аппарата можно отнести:
 - модульность и технологичность конструкции;
 - отсутствие отложений на теплоотдающей поверхности при температуре выпариваемой среды до 150°C;
 - большая разница температур между греющими и выпариваемыми средами (до 80-100 С);
 - малое время пребывания упариваемого раствора в аппарате;
 - возможность проведения процессов в широком диапазоне параметров греющего пара (температура, давление) при работе с нефтестойкими веществами.