

Министерство образования и науки Российской Федерации

Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова



НАУКА И МОЛОДЕЖЬ

3-я Всероссийская научно-техническая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых

СЕКЦИЯ

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПОДСЕКЦИЯ

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Барнаул – 2006

3-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь". Секция «Химические технологии». Подсекция «Химическая техника и инженерная экология» / Алт.гос.техн.ун-т им. И.И.Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2006. – 45 с.

В сборнике представлены работы научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, проходившей в апреле 2006 г.

Организационный комитет конференции:

Максименко А.А., проректор по НИР – председатель, Марков А.М., зам. проректора по НИР – зам. председателя, Арзамарсова А.А. инженер Центра НИРС и молодых учёных – секретарь оргкомитета, Вихарев А.В., декан факультета химических технологий АлтГТУ – руководитель секции «Машиностроительные технологии и оборудование», Балашов А.В. – редактор.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ

Куимова М.Н. - студент гр. ООС-11

Полетаева М.А. - к.т.н., доцент

Решение проблемы очистки сточных вод от нефтепродуктов в настоящее время приобрело важнейшее значение для охраны природных водоемов. Нефтепродукты содержатся в промышленных стоках машиностроительных заводов, авто- и вагоноремонтных предприятий, комбинатов по производству железобетонных изделий и многих других организаций. Большое количество нефтяных загрязнений попадает в природные водоемы с ливневыми стоками, которые смывают с уличных покрытий и территорий предприятий.

Нефтепродукты – группа углеводородов нефти, мазута, керосина, масел и их примесей, которые вследствие их высокой токсичности, принадлежат, по данным ЮНЕСКО, к числу десяти наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Имея низкую плотность нефтепродукты (даже при малой их концентрации) образуют на водной поверхности пленку, препятствующую растворению в воде атмосферного кислорода. Кроме того, нефтепродукты оказывают и непосредственное токсическое воздействие на водные организмы: закупоривают клеточные мембраны, через которые осуществляются все процессы метаболизма. ПДК нефтепродуктов в водоемах рыбо-хозяйственного назначения составляет 0,05 мг/л. Поэтому очистка нефтесодержащих сточных вод является одной из наиболее важных и технически сложных проблем. Поиск новых эффективных способов и методов очистки промышленных сточных вод является по-прежнему актуальным.

В данной работе предлагается использовать для очистки сточных вод от нефтепродуктов процесс первапарации, заключающийся в испарении одного из компонентов смеси и проникновении его пара через селективную мембрану. Первапарация является перспективным, экологобезопасным направлением технологии разделения промышленных растворов и обладает такими достоинствами, как безреагентность, низкое энергопотребление и высокая эффективность.

Нефтепродукты могут находиться в воде в эмульгированном, растворенном виде и образовывать на поверхности плавающий слой. Основную сложность при очистке сточных вод от нефтепродуктов представляют растворенные нефтепродукты. В среднем растворимость нефтепродуктов в воде составляет 10-15 мг/л.

Для изучения процесса первапарации применялся раствор нефтепродуктов в воде с концентрацией 10 мг/л. В роли нефтепродуктов выступала фракция бензина АИ-80 с температурой кипения 110-120°C.

Исследования по первапарации проводились на лабораторной установке периодического действия в статических условиях. Основным элементом установки является мембранная ячейка, из которой вакуум-насосом откачиваются пары, прошедших через мембрану веществ.

Для контроля над процессом очистки воды от нефтепродуктов необходимо определять содержание нефтепродуктов в исходном растворе в реальном времени.

Известные методы анализа нефтепродуктов в воде включают в себя экстракцию нефтепродуктов органическим растворителем (гексан, тетрахлорид углерода) из пробы объемом 1-2 л. В нашем случае применение классических методов анализа невозможно, так как объем мембранной ячейки составляет 250 мл. В связи с этим было решено разработать методику хроматографического анализа. При разработке хроматографического анализа необходимо было произвести выбор детектора, хроматографической фазы, подобрать расход газа-носителя и температуру нагрева колонок.

Методика разрабатывалась на газовом хроматографическом комплексе «Хромос ГХ-1000» с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) и детектором по теплопроводности (ДТП). Газ-носитель-водород. Принцип действия ДТП основан на сравнении теплопроводности чистого газа-носителя и анализируемого вещества. Работа детектора ПИД основана на изменении фонового тока водородного пламени при внесении в него

органического вещества. ПИД обнаруживает большинство органических соединений. При сравнении работы обоих детекторов было выявлено, что чувствительность ПИД к анализируемым веществам выше, поэтому было принято решение дальнейшие исследования проводить только на этом детекторе.

Основная трудность хроматографического анализа смеси, содержащей воду и большое количество органических соединений, обладающих разными полярностями, заключается в подборе подходящей фазы. В качестве твердой фазы был выбран хроматон. Жидкие фазы были представлены SE-30, FFAP и ПЭГ-20М. Наилучший результат по разделению смеси воды с нефтепродуктами показали фазы SE-30 и ПЭГ-20М.

При разработке методики анализа варьировали расход газа-носителя и температуру нагрева колонок. В результате были найдены оптимальные значения (расход газа-носителя- 20 см³/мин, температура нагрева колонок-120°С).

При проведении данной работы были получены следующие результаты:

1. Подобраны оптимальные условия для анализа нефтепродуктов в воде с использованием газо-жидкостной хроматографии.
2. Разработанная методика анализа позволяет определять содержание нефтепродуктов в воде на уровне ПДК.
3. Разработанная методика анализа допускает определение содержания нефтепродуктов в воде из проб малого объема, исключая дополнительные стадии подготовки к анализу.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПОРОШКООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДАМИ ЭКСТРУЗИИ И ОКАТЫВАНИЯ

Степанова А.С.- студентка группы МАХП-11

Войновский В.А.- студент группы МАХП-11

Курочкин Э.С. - к.х.н., доцент

Гранулирование (грануляция) - формирование твердых частиц (гранул) определенных размеров и формы с заданными свойствами. Гранулирование может быть основано на уплотнении порошкообразных материалов, диспергировании и последующей кристаллизации расплавов или растворов, либо на измельчении крупных кусков в дробилках.

Основные показатели эффективности гранулирования – выход товарной фракции; качество получаемых гранул (форма, прочность, насыпная масса); однородность гранулометрического состава. Процесс можно осуществлять с возвратом мелких частиц на стадию гранулообразования (ретурное гранулирование), либо без него (безретурное). Отношение количества ретура к выходу товарной фракции называется ретурностью.

Придание веществам формы гранул улучшает условия их хранения и транспортировки, позволяет механизировать и автоматизировать процессы последующего использования продуктов, повышает производительность и улучшает условия труда, снижает потери сырья и готовой продукции.

Гранулирование можно проводить следующими методами: окатывание, диспергирование жидкостей, прессование, экструзия[1].

Окатывание включает следующие стадии: смачивание частиц материала водой, в результате чего образуются отдельные комочки-агломераты частиц и (или) происходит наслаивание мелких частиц на более крупные; уплотнение агломератов в слое материала[2]. Процесс проводился в барабанном грануляторе.

Принцип действия барабанного гранулятора основан на вращении сферического барабана, установленного горизонтально под углом 1-3° (частота вращения 5-20 мин⁻¹), внутри которых перемещается слой материала. Степень заполнения им аппаратов может изменяться от 10 до 15 %. Окатывание в барабанном грануляторе происходит на боковой поверхности[3].

Экструзия – образование гранул путем продавливания пластично-вязкой массы с помощью шнека через головку экструдера с последующим разрезанием или дроблением материала. Пастообразный материал плавится и выдавливается в виде жгутов или лент,

которые режутся непосредственно после выхода из головки или дробятся после охлаждения[1].

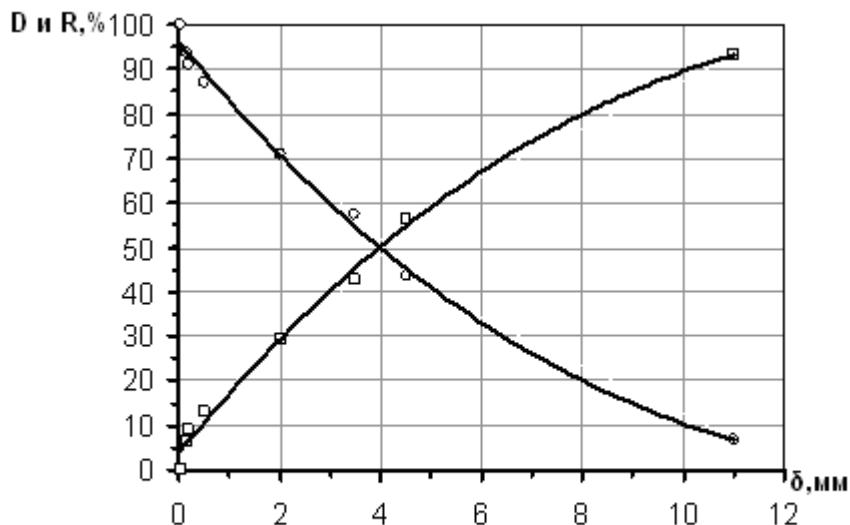


Рисунок 1- Кривые распределения измельченных жгутов диаметром 4 мм

Гранулометрический состав измельченного материала определяется – рассевом его на фракции с использованием набора проволочных сит[4].

В работе применены методы окатывания и экструзии. Эксперименты выполнялись на пилотной многофункциональной установке «Erweka». Отработка режимов гранулирования порошкообразного материала с получением гранул требуемого размера с максимальным выходом являлось основной задачей исследования.

В методе окатывания с использованием насадки барабанного типа изучались зависимости выхода гранул от угла наклона барабана, степени увлажнения материала, скорости вращения барабана, времени окатывания. Процесс проводили с одновременной сушкой гранул в процессе окатывания инфракрасной лампой. В методе экструзии использовалась насадка шнекового типа с головкой для изготовления жгутов. В качестве головки использовались сменные насадки с отверстиями круглой и овальной формы. Исходным материалом служил порошок глины после измельчения ее на дисмембраторе с размером частиц менее 0,1 мм. Полученные жгуты высушивали и пропускали через щековую дробилку. После отсева по фракциям получали цилиндрические гранулы заданного размера.

На рисунке 1 для иллюстрации представлена одна из зависимостей фракционного состава цилиндрических гранул диаметром 4 мм полученных методом экструзии. На оси абсцисс указаны размеры сит (δ), по оси ординат выход фракции прошедшей через соответствующее сито (D) и оставшейся на нем (R). Представленные кривые соответствуют классической форме распределения фракций после ситового анализа, и является общей закономерностью. Комплекс полученных данных позволяет оценить количественно выход любой фракции и рекомендовать разработанные методики к практическому применению.

Литература

1. Химическая энциклопедия. Т. 1. Под ред. Кнунянц И. Л.- М.: Научное издательство «Большая российская энциклопедия», 1998. 850 с.
2. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химических технологии. М.: Химия, 1968. 847 с.
3. Саруханов А. В. Оборудование микробиологических производств: Справ. – М.: 1993. 381 с.
4. Курочкин Э. С., Лебедев И. А. Методические указания к лабораторной работе, “Изучение конструкции дисмембратора и эффективности измельчения сырьевых материалов”. Барнаул, 2004.

СОВРЕМЕННАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКСТРАКЦИИ В СИСТЕМЕ ЖИДКОСТЬ - ЖИДКОСТЬ

Шнейдер Л. - студентка гр.ООС-31

Шашков Ю.И. - к.т.н., доцент

Процессы жидкостной экстракции получили широкое распространение в химической, нефтехимической, химико-фармацевтической, гидрометаллургической и других отраслях промышленности.

Большое значение для эффективного проведения конкретного процесса экстракции имеет правильный выбор соответствующей экстракционной аппаратуры.

По принципу взаимодействия фаз промышленные экстракторы делятся на две группы: ступенчатые и дифференциально-контактные.

В аппаратах первой группы составы фаз изменяются скачкообразно при переходе из ступени в ступень. При этом на каждой ступени происходит разделение фаз, т.е. в каждой ступени имеется своя граница раздела фаз.

В дифференциально-контактных аппаратах происходит непрерывный контакт фаз и плавное изменение концентрации вдоль высоты (длины) аппарата. В этом случае имеется лишь одна граница раздела фаз – на выходе дисперсной фазы. Аппараты этой группы более компактны и поэтому для их размещения необходима ограниченная производственная площадь.

Экстракторы классифицируются также по роду сил, под действием которых происходит диспергирование одной фазы в другой. По этому принципу экстракторы делятся на работающие под действием силы тяжести и под действием внешней энергии, вводимой в жидкость.

Экстракторы, в которых движение жидких фаз происходит под действием разности плотностей фаз, называют гравитационными.

К этим экстракторам относятся распылительные, ситчатые и насадочные.

Все гравитационные экстракторы отличаются простотой конструкции и низкой стоимостью эксплуатации. Производительность гравитационных экстракторов относительно высока, но интенсивность массопередачи низкая.

Гравитационные экстракторы применяют для обработки систем с низким межфазным натяжением и систем, для разделения которых требуется небольшое число теоретических ступеней.

К экстракторам с вводом внешней энергии в контактирующие жидкости относятся смесительно-отстойные, роторные, струйные, пульсационные ситчатые, пульсационные с пакетной насадкой КРИМЗ, пульсационные насадочные, вибрационные, центробежные.

Наиболее прогрессивным типом экстракторов с внешним подводом энергии являются колонные экстракторы с вибрирующими перфорированными тарелками. Они экономичнее пульсационных экстракторов по энергозатратам; в них в отличие от пульсационных аппаратов колебательное движение совершает пакет перфорированных тарелок, а не столб жидкости.

Экстракторы с вибрирующими тарелками отличаются высокой производительностью и массообменной эффективностью.

Выбор оптимальной конструкции экстрактора для того или иного технологического процесса жидкостной экстракции определяется особенностями разрабатываемого экстракционного процесса и часто требует проведения предварительных экспериментальных исследований с использованием теории подобия.

При выборе экстрактора для реализации конкретного технологического процесса необходимо учитывать:

- 1) пригодность конструкции, которая определяется физико-химическими характеристиками реагентов, степенью проработки конструкции и масштабом производства;
- 2) технологичность конструкции, которая определяется удельной производительностью и эффективностью, коэффициентом масштабного перехода;

3) экономичность конструкции, которая характеризуется капитальными и эксплуатационными затратами.

Для предварительного выбора экстрактора необходимо учитывать конструктивные его особенности и значения параметров процессов экстракции.

РЕКОНСТРУКЦИЯ МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПИЛОТНОЙ УСТАНОВКИ ОБРАТНОГО ОСМОСА

Клейменов А.С. – студент гр. МАХП – 11

Курочкин Э.С. – к.х.н., доцент

Процесс обратного осмоса известен давно, хорошо изучен и применяется во многих отраслях народного хозяйства: опреснение морской воды на опреснительных установках морских судов, бытовых целей, медицине, очистке стоков и др.

В настоящее время весьма актуально стоит проблема очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, поскольку при попадании в организм человека они накапливаются в различных органах и практически не выводятся. Пяти и шести валентный хром особо токсичен и является канцерогеном, избыток меди способствует развитию гепатита, присутствие свинца ускоряет распад красных кровяных телец, по своему воздействию на живые организмы входит в так называемую «страшную троицу» - ртуть, кадмий, свинец.[1]

Стоки загрязненные ионами этих металлов можно очищать химическими и мембранными методами. Достоинствами мембранных методов является: отсутствие фазовых переходов при отделении примесей, что позволяет вести процесс при небольшом расходе энергии, возможность проведения процесса при комнатной температуре, простота конструкции аппаратуры, возможность выделения ценных продуктов, одновременная очистка от органических, неорганических и бактериальных загрязнений. Использование полупроницаемых мембран в связи с этим является перспективным.[2]

Целью работы является изменение конструкции мембранного модуля и оптимизация режима работы установки по производительности и эффективности. Необходимость этого вызвано не герметичностью узла фильтроотводящей с посадочным гнездом днища корпуса мембранного модуля. В связи с этим процесс был не возможен так как исходный раствор попадал напрямую в канал пермеата без очистки. Ревизия показала несоответствие длины фильтроотводящей трубки длине мембранного рулонированного элемента длине стального корпуса который герметизируется крышкой. Предложена дополнительная герметизация нерабочего конца фильтроотводящей трубки со стороны днища самоуплотняющейся резиновой манжетой и установкой дополнительного промежуточного кольца для компенсации разности длины.

Проведенная реконструкция позволила обеспечить нормальный режим работы и процесс обратного осмоса в целом.

Оптимизация режима работы предусматривающего наибольший выход с наибольшей эффективностью проводилась на пилотной полупромышленной установке, состоящей из мембранного модуля, включающего стальной цилиндрический корпус с рулонированной мембраной заводского изготовления марки ЭРО 96-475 - диаметром 96 мм и длиной по фильтроотводящей трубке 475 мм. Рабочее давление по паспорту 0,5 МПа, и соответствующей ему производительностью 67 л/ч по фильтрату (обессоленной воде). Давление, необходимое для процесса обратного осмоса, создается плунжерным насосом с электроприводом червячного редуктора.

При пуске установки были проверены паспортные данные производительность и эффективность на 0,15 % - ном растворе хлорида натрия. Одновременно отработаны методики измерения расходов фильтрата (пермеата) и концентрата и соответствие их величине рабочего давления.

До начала эксперимента модельный раствор анализируется на содержание ионов соответствующих металлов. Эффективность процесса и оптимальный режим очистки от

ионов Cr^{+6} изучали при разных давлениях фильтрации с периодическим отбором проб на анализ при каждом режиме работы.

В работе проведены опыты по очистке воды с содержанием ионов Cr^{+6} 10 и 100 мг/л. Результаты представленные на рисунке 1 и 2. Как следует из рисунка 1 оптимальный режим очистки, соответствующий минимальному содержанию ионов Cr^{+6} в фильтрате 14 - 15 мг/л приходится на диапазон от 1,0 – 3,0 МПа. С увеличением давления до 5,0 МПа эффективность снижается и составляет 30 мг/л.

На рисунке 2 зависимость для раствора 10 мг/л аналогична описанной выше, однако с раствором меньшей концентрации эффективность очистки существенно повышается, в том же оптимальном диапазоне 1,0 – 3,0 МПа, при этом минимальная концентрация на порядок ниже (1 мг/л), чем для раствора и исходной концентрацией 100 мг/л.

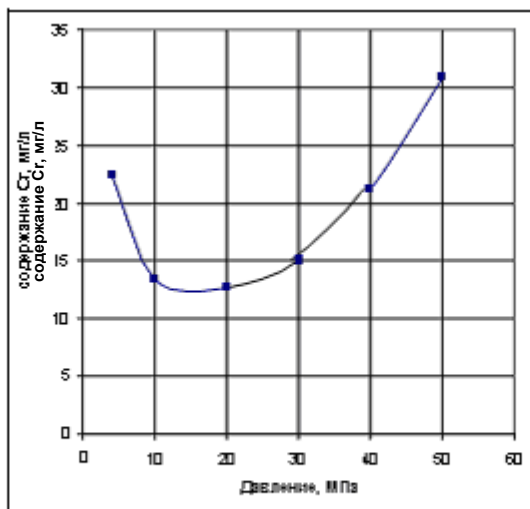


Рисунок 1 – зависимость содержания ионов Cr^{+6} в фильтрате в зависимости от давления, исходная концентрация 100 мг/л

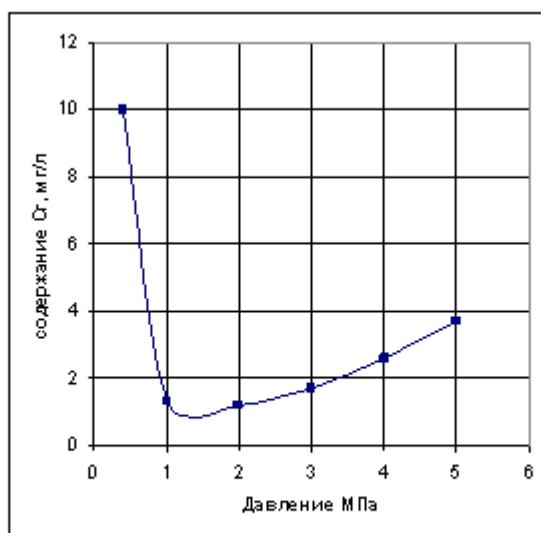


Рисунок 2 – зависимость содержания ионов Cr^{+6} в фильтрате в зависимости от давления, исходная концентрация 10 мг/л

Изложенные результаты позволяют сделать выводы:

1) наилучшая эффективность с установленной мембраной типа ЭРО 96-475 имеет место обеспечивается при относительно низких концентрациях загрязнителя.

2) Определен оптимальный режим работы для раствора загрязненного ионами Cr^{+6} по давлению обратного осмоса 1,0 – 3,0 МПа.

3) С увеличением давления выше оптимального 3,0 МПа эффективность улавливания ионов Cr^{+6} несколько уменьшается.

Литература

- 1 Нарзулаев С.Б., Капилевич Л.В., Филиппов Г.П., Савченков М.Ф. Медицинская экология : Учебное пособие. Томск: Издательство Томского университета, 1998 г.- 163 с.
- 2 Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Барнаул, 2000 г. – 391 с.

РАЗРАБОТКА ИК-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ

Зайцева И. П. – студент гр.ООС-11

Келлер Е. А. – студент гр.ООС-21

Лебедев И. А. – аспирант

Наряду с множеством загрязнителей сточных вод нефть и продукты ее переработки принадлежат по данным ЮНЕСКО к числу десяти наиболее опасных веществ для окружающей среды [1]. Нефть и нефтепродукты способны загрязнить огромные пространства и могут находиться в воде в эмульгированном, растворенном и гетерогенном виде. При образовании на поверхности плавающего слоя затрудняется газообмен между водой и атмосферой, при этом нарушается ход естественных биохимических процессов, протекающих в водоемах.

Самые жесткие требования по содержанию нефтепродуктов предъявляются водоемам рыбохозяйственного назначения, ПДК для них составляет 0,05 мг/л. Поэтому очистка нефтесодержащих сточных вод представляет одну из наиболее важных и технически сложных проблем.

Река Обь является объектом рыбохозяйственного назначения, поэтому сброс сточных вод, содержащих нефтепродукты, должен строго контролироваться. Практически любое производство сопровождается потреблением воды, как для хозяйственно-питьевых целей, так и для обеспечения технологических процессов. При этом неизбежно образование сточных вод, содержащих нефтепродукты. Подобных производств в г. Барнауле достаточно много, например ОАО «ТЭЦ-1,2,3», ОАО «Трансмаш», ОАО «БЗАТИ» и другие. Большинство стоков, образующихся на них, после предварительной очистки, которая зачастую не обеспечивает уровень ПДК, поступают в р. Обь. Поэтому актуальными остаются задачи повышения степени очистки сточных вод с помощью внедрения более эффективных технологий и сокращения сбросов в поверхностные воды путем создания замкнутых водооборотных циклов.

Для исследования процессов очистки от нефтепродуктов необходима качественная и точная методика их определения в воде. Поэтому при выборе метода анализа следует исходить из следующих данных: возможный интервал концентраций определяемого компонента, требуемая точность, специфичность, допустимое время и приемлемая стоимость анализа. Кроме этого дополнительные трудности в освоении и разработке методики анализа связаны с большим многообразием нефтепродуктов и с низким численным пределом их концентрации в воде, обусловленным ПДК.

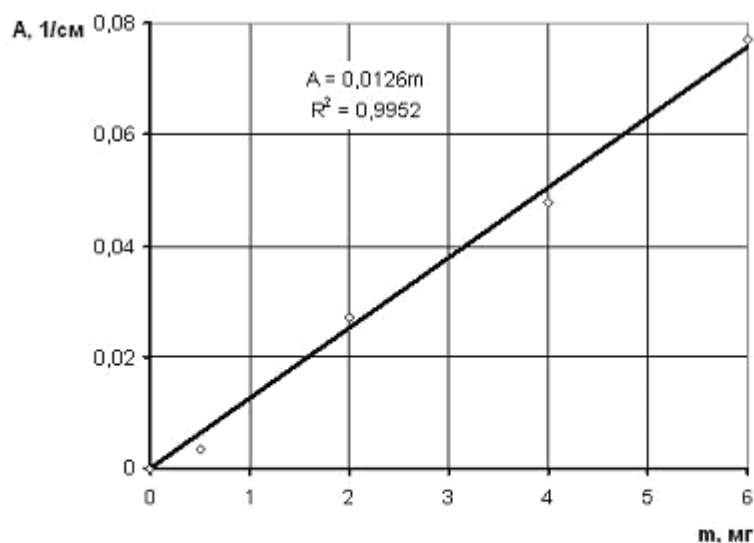
Целью нашей работы является разработка методики анализа определения нефтепродуктов в воде. На данный момент существует много методов анализа нефтесодержащих вод: гравиметрический, ИК-спектрометрический, флуориметрический, хроматографический и др.

ИК-спектрометрия стала одним из распространенных методов. Она используется не только при лабораторных исследованиях, но также и в промышленных анализах. Данная методика имеет ряд преимуществ перед другими. Здесь не требуется отгонки растворителя после извлечения им нефтепродукта из сточной воды, содержание летучих и нелетучих нефтепродуктов определяются совместно, точность анализа сопоставима с ПДК. Тем не менее для устранения различных мешающих факторов, вносящих погрешность в методику определения нефтепродуктов, предъявляются жесткие требования к чистоте посуды, кювет, экстрагента, отбору проб, подготовки сорбента, хроматографической колонки и т.д.

ИК-спектрометрический метод [2] основан на:

- 1) извлечении нефтепродуктов из проб воды экстрагентом (в качестве экстрагента рекомендуется применять четыреххлористый углерод);
- 2) хроматографической очистке экстракта от полярных соединений на колонке с сорбентом;
- 3) регистрации интенсивности спектра поглощения СН-связей в CH_2 - и CH_3 -группах алифатических, алициклических углеводородов и боковых цепей ароматических углеводородов и СН-группах ароматического кольца в инфракрасной области спектра в диапазоне волновых чисел $2700\text{--}3150\text{ см}^{-1}$;
- 4) определении концентрации нефтепродуктов по оптической плотности с помощью калибровочного графика.

На рисунке 1 приведен, полученный нами, калибровочный график определения концентрации нефтепродукта в пробах с помощью ИК-спектроскопии на приборе ИКС-40. В качестве загрязняющего воду нефтепродукта применялся бензин АИ-92.



A -оптическая плотность; m - масса нефтепродукта

Рисунок 1 – Калибровочный график для определения содержания бензина АИ-92 в воде на ИК-спектрометре

В качестве экстрагента использовали четыреххлористый углерод в связи с тем, что он имеет окна прозрачности в интересующей нас области спектра. К тому же указанный неполярный растворитель из-за относительно однородного диэлектрического поля химически инертен по отношению к анализируемому веществу.

Как видно из рисунка 1, полученная зависимость имеет явно выраженный линейный характер с достаточно высоким коэффициентом корреляции ($R^2=0.9952$). Это позволяет судить о высокой точности определения содержания нефтепродуктов в воде.

При анализе спектрограммы проб, полученных экспериментально, наблюдались нехарактерные пики и смещение линии спектра в область снижения СН-связей. С нашей точки зрения данный эффект можно объяснить содержанием в исходном экстрагенте углеводородов, не входящих в состав нефти и продуктов ее переработки. Для подтверждения этого, нами была произведена очистка исходного экстрагента следующим образом: экстрагент встряхивали в течении 5 мин с предварительно очищенным и прокаленным при 600°C оксидом алюминия из расчета 20 г оксида алюминия на 2 дм^3 экстрагента, после полной седиментации оксида алюминия жидкость декантировали и перегоняли при нормальном давлении, собирая фракцию, кипящую при температуре $76,8^\circ\text{C}$, которая соответствует температуре кипения четыреххлористого углерода [3]. При перегонке добавляли активированный уголь из расчета 10-15 г на 1 дм^3 экстрагента. Первые и

последние 10% отгона отбрасывали, оставшуюся часть пропускали через хроматографическую колонку с оксидом алюминия для устранения влияния неполярных соединений [2].

На рисунке 2 представлены спектрограммы в инфракрасной области спектра в диапазоне волновых чисел $2700-3200\text{ см}^{-1}$, соответствующие исходному и очищенному четыреххлористому углероду. Как видно, имеется существенное отклонение спектрограммы в положительную сторону до 1010 единиц показания прибора ИКС-40, что соответствует снижению поглощения интенсивности прошедшего через кювету излучения примерно в 10 раз. Тем самым подтверждается ранее высказанное предположение о недостаточной чистоте исходного четыреххлористого углерода и необходимости его очистки.

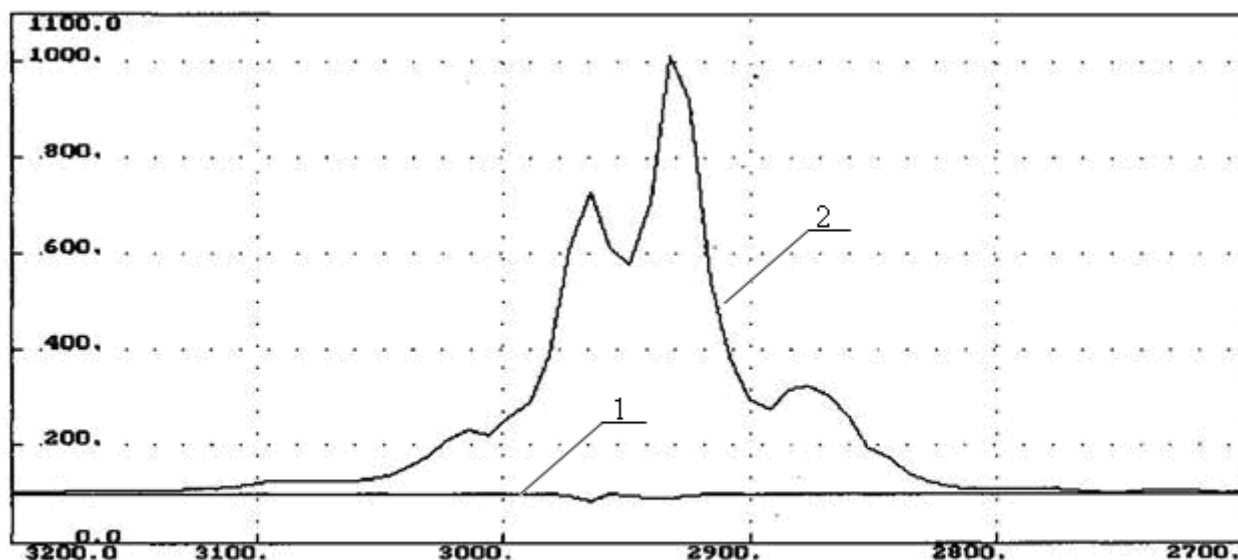


Рисунок 2 – Спектрограммы исходного (1) и очищенного (2) четыреххлористого углерода

В результате проделанных исследований можно сделать вывод о возможности использования ИК-спектроскопии для определения нефтепродуктов в воде на уровне ПДК, при этом необходимо уделять особое внимание чистоте используемого экстрагента.

Литература:

1. И. О. Крылов, С. И. Ануфриева, В. И. Исаев. Установка доочистки сточных и ливневых вод от нефтепродуктов. /Экология и промышленность России, июнь 2002 г.
2. Государственный контроль качества воды. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003 г.-776 с.
3. Справочник химика. Том II. – Госхимиздат, 1963 г.-1168 с.

РАЗРАБОТКА И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВАКУУМНОЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ПИЛОТНОЙ УСТАНОВКИ

Прозорин А.Е. – студент гр. МАХП-11

Лебедев И.А. – аспирант

Увеличивающаяся антропогенная нагрузка на окружающую среду, связанная с бурным развитием промышленности и возрастающими потребностями общества, обуславливает необходимость разработки надежных, недорогих и простых в эксплуатации технологий очистки загрязнённых вод. В них, предусмотрены такие стадии как, предварительная очистка и доочистка сточных вод (например, фильтрование) [1].

Процессы фильтрования, осуществляемые традиционными способами, могут обеспечить требуемое качество воды, однако несут существенные экономические затраты. В связи с этим во главу угла ставится задача разработки универсальной фильтровальной установки с использованием новых нетрадиционных, наукоёмких фильтровальных материалов и методов организации производства.

На кафедре «Химическая техника и инженерная экология» Алтайского государственного технического университета имени И.И. Ползунова с 2002 года ведется научно-исследовательская работа в области изучения фильтровально-сорбционных свойств волокнистых и композиционных материалов, предназначенных для очистки воды от взвешенных частиц, ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов. Исследования проводятся на экспериментальных фильтровальных установках, имеющих ограниченную область применения по движущей силе, производительности, возможности замены фильтровальных модулей и регенерации загрузки.

Полученные положительные результаты исследований [2], позволяют сделать вывод, о перспективности разработки технологий очистки сточных вод с применением волокнистых и композиционных материалов. Эти обстоятельства обуславливают необходимость создания пилотной фильтровальной установки.

Разработка универсальной пилотной установки для очистки загрязненных вод методом фильтрации позволяет решить следующие задачи:

- 1) обеспечение возможности варьирования производительностью;
- 2) повышение движущей силы процесса;
- 3) непрерывное осуществление процесса фильтрации;
- 4) поддержание постоянной (проектной) скорости фильтрации;
- 5) возможность быстрой смены фильтровальных модулей.

Результаты исследований, полученные на созданной установке, позволяют: снизить затраты при проектировании полупромышленной установки и осуществить замену используемых в промышленности фильтровально-сорбционных материалов более эффективными и дешёвыми.

Изначально перед созданием фильтровальной установки была очерчена проблема использования источника движущей силы: центробежный или вакуумный насос. Для контроля работы первого насоса требуются наличие вакуумметра на всасывающем патрубке и манометра на нагнетательном, а также задвижки, используемой с целью регулирования потока жидкости [1]. Второй насос, в ходе проведения испытаний установки, зарекомендовал себя лучше в плане регулирования скорости процесса фильтрации, значение которой необходимо поддерживать на постоянном уровне. Поэтому для удобства лабораторных исследований в качестве источника движущей силы было принято решение использовать вакуумный насос.

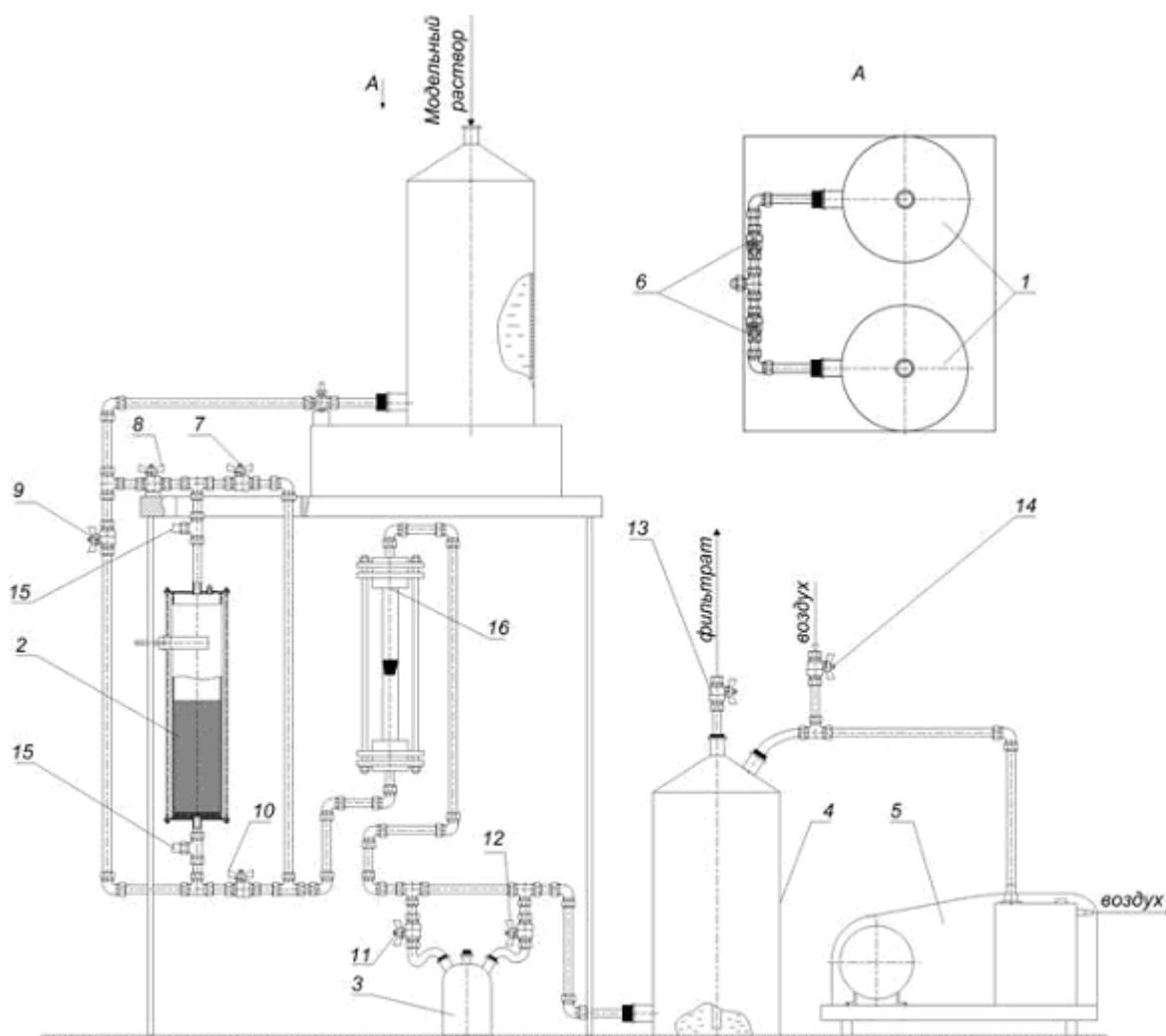
Общий вид вакуумной пилотной установки, предназначенной для очистки загрязненных вод фильтрацией, представлен на рисунке 1. Конструкция установки предусматривает возможность замены фильтровального элемента 2, с целью исследования различных параметров процесса.

Данная установка предусматривает возможность проведения непрерывного процесса фильтрации, что обеспечивается попеременным включением в работу двух резервуаров 1: по мере опорожнения первый переключением кранов 6 отключается и включается второй, в котором приготовлена исходная смесь. Далее процесс повторяется.

При фильтрации краны 8, 10 находятся в положении открыто, краны 7, 9 - в положении закрыто. При необходимости отбора проб в процессе работы установки одновременно и плавно открываются краны 11, 12. Подобная процедура необходима для предотвращения гидравлического удара. После того, как пробоотборник 3 заполнится, краны 11, 12 закрываются, а исследуемая жидкость направляется на анализ. Отбор проб может осуществляться необходимое число раз.

Кран 13 предназначен для возможности откачки фильтрата центробежным насосом. Он может подключаться одновременно при работе вакуумного насоса, когда последний работает не на полную мощность.

Изменение сопротивления фильтровального материала регистрируется U-образным манометром, подключенным к штуцерам 15 до и после фильтровального элемента.



1 – исходная ёмкость; 2 – фильтровальный элемент; 3 – пробоотборник; 4 – приёмная ёмкость; 5 – вакуумный насос; 6 – 14 – краны; 15 – штуцер для подключения манометра; 16 – ротаметр

Рисунок 1 – Общий вид вакуумной фильтровальной пилотной установки

Поддержание постоянной скорости или ее варьирование осуществляется за счёт изменения движущей силы процесса при помощи крана 14 посредством уменьшения или увеличения вакуума в системе.

В целях промывки системы или регенерации сорбента предусмотрена возможность обратного хода жидкости, при котором краны 8, 10 закрыты, а краны 7, 9 открыты. Подача промывной жидкости может осуществляться из ёмкостей 1, а отвод – через ёмкость 4.

Расход фильтрата определяется при помощи ротаметра 16.

В ходе проведения конструкторско-технологической разработки на кафедре «Химическая техника и инженерная экология» была смонтирована установка, позволяющая обеспечить:

- производительность по фильтрату до 200 л/ч;
- движущую силу до 10000 мм. вод. ст.;
- непрерывный режим работы фильтра;
- возможность быстрой замены фильтровальных модулей.

В настоящее время на указанной установке проводятся исследования процесса очистки воды от взвешенных частиц.

Литература

1. Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А., Захаренко В.В., Зиновкина Т.В., Таран А.Л. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник. Москва: Логос; Высшая школа, 2002. Кн. 1. 912 с.

2. Лебедев И.А., Комарова Л.Ф., Кондратюк Е.В. Очистка железосодержащих сточных вод фильтрованием через волокнистые материалы /Ползуновский вестник. – 2004, №4. – С. 171 – 176.

МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Некрасова А. – студентка гр. ООС-11

Бельдеева Л.Н. – к.т.н., доцент

Безопасное обращение с отходами относится к наиболее важным экологическим проблемам. Основными причинами накопления большого объема отходов является:

1. Объем отходов непрерывно возрастает как в абсолютных величинах, так и на душу населения;

2. Состав отходов резко усложняется, включая в себя все большее количество экологически опасных веществ;

3. Не удовлетворительное решение вопросов переработки и утилизации отходов.

Обращение с отходами имеет несколько аспектов: нормативно-правовой, организационный, технологический.

Нормативно-правовой аспект связан с тем, что действующая нормативно-правовая база не позволяет эффективно решать накопившиеся проблемы правового регулирования в области обращения с отходами на уровне субъектов РФ и требует дополнения и конкретизации с учетом специфики конкретных регионов. Не определены основы государственной политики по организации сбора отходов в целях их последующего использования в качестве вторичных материальных ресурсов, развитию рынка вторичного сырья.

Организационный аспект связан с тем, что система обращения отходами представляет собой сложную структуру и функции по организации обращения с отходами распределены между различными органами управления федерального, регионального, муниципального уровней. Несогласованность действий на всех уровнях приводит к дублированию функций. В связи с этим необходима согласованность действий на всех уровнях, четкое распределение функций. Недостаточная эффективность управления в области обращения с отходами в значительной степени объясняется проблемами информационного обеспечения процесса принятия управленческих решений.

Технологические аспекты связаны с использованием устаревших, материалоемких технологий, что сопровождается увеличением количества образования отходов, а так же связаны с нехваткой соответствующих предприятий и мощностей для обезвреживания и использования отходов.

Основными источниками образования отходов являются промышленные предприятия, коммерческие организации, лечебно-профилактические учреждения, объекты социально-бюджетной сферы и население.

В 2003 году в Алтайском крае образовалось отходов 1 430 461 т, что на 43,8 % больше чем в 2002 (994 468,6 т) по причине увеличения объемов образования нетоксичных отходов и отходов 1 и 2 классов опасности.

Количество образованных отходов за 2004 год составляет 1 298 652,69 тонн. В 2004 году наблюдается увеличение отходов первого (в 1,9 раз), третьего (в 6,1 раз) и пятого (в 9,5 раз) класса опасности. В целом наблюдается снижение объемов образования отходов (второго класса опасности в 1,19 раз, а четвертого – в 9,13 раз).

Уменьшение объемов образования отходов можно объяснить тем, что снизилось количество предприятий отчитывающиеся по форме 2-ТП (отходы). Так 2002 году отчиталось 94 предприятия (однако в течении года часть из них была ликвидирована, признана банкротом - ОАО «Синтволокло», ЗАО «Алтайский мех», ОАО «Мелиоратор»), в 2003 количество предприятий увеличилось до 112, а в 2004 году снизилось до 107 предприятий /1/.

Сельскохозяйственные отходы используются большей частью на собственные нужды. Часть промышленных отходов перерабатываются или используются непосредственно на предприятии. Такие промышленные отходы, как минеральные масла повторно используются в малоответственных механизмах. Золошлаковые отходы используются для строительных целей и отсыпки дорог. В Алтайском крае работают предприятия, занимающиеся переработкой отходов.

Деятельность региональной системы управления отходами направлена на обеспечение минимизации образования отходов, максимального вовлечения отходов в хозяйственный оборот и постоянного снижения негативного воздействия на окружающую среду при обращении с отходами. Управление отходами в регионе осуществляется через систему законодательной и исполнительной власти Российской Федерации, субъектов РФ, органов местного самоуправления.

К основным функциям управления на региональном уровне относятся организация, координация, планирование, стимулирование, финансирование, учет, контроль деятельности по обращению с отходами, а также информационное обеспечение в этой сфере.

Важным элементом системы управления отходами являются специализированные предприятия по переработке и утилизации отходов. На территории Алтайского края имеются производственные мощности для переработки картона и пластика. В стадии проектирования предприятие по переработке отработанных аккумуляторов, технология обезвреживания отходов ядохимикатов.

Актуальной проблемой для края является организация переработки изношенных шин.

Вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды:

- шины не подвергаются биологическому разложению;
- большие территории используются под свалки;
- шины огнеопасны и, в случае возгорания, погасить их достаточно сложно;
- при сжигании они выделяют ядовитые сернистые соединения (если сжечь 1 тонну изношенных шин, то в атмосферу выделяется 270 кг сажи и 450 кг токсичных газов);
- при складировании они являются идеальным местом размножения грызунов, кровососущих насекомых и служат источником инфекционных заболеваний.

Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение.

Для их переработки используют различные методы – измельчение, пиролиз, сжигание, захоронение.

Пиролиз обладает рядом неоспоримых преимуществ, важнейшими из которых являются:

- универсальность, т.е. возможность перерабатывать широкий спектр продуктов. С помощью пиролиза можно перерабатывать составляющие отходов, трудно поддающиеся утилизации, такие как автопокрышки, пластмасса, отработанные масла, отстойные вещества;
- отсутствие потребности в тонком измельчении, т.е. уменьшение энергетических затрат на подготовку сырья;
- энергетическая автономность, т.к. обогрев реакторных устройств осуществляется за счет газов, образующиеся в процессе пиролиза;
- после пиролиза не остается биологически активных веществ, поэтому подземное складирование пиролизных отходов не наносит вреда природной среде;
- образующийся пепел имеет высокую плотность, что резко уменьшает объем отходов, подвергающийся подземному складированию;
- при пиролизе не происходит восстановления (выплавки) тяжелых металлов;
- оборудование имеет небольшую мощность;
- процесс требует меньших капитальных вложений.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Сомин В.А. – аспирант

Левченко А.А. – студент гр. ООС-21

Лобанова Е. Н. – студент гр. ООС-21

Комарова Л.Ф. – д.т.н., профессор

Сточные воды большинства машиностроительных предприятий содержат такие распространенные загрязнители, как соединения свинца, цинка, хрома, меди и др. металлов. Попадая в окружающую среду и взаимодействуя с другими элементами, они образуют чрезвычайно токсичные вещества, даже незначительные количества которых могут привести к неблагоприятным последствиям для здоровья человека и состояния окружающей среды. Тяжелые металлы включаются через цепь питания в круговорот элементов, концентрируются в микроорганизмах, растениях, животных и через них попадают в организм человека. Установлено, что соединения меди и цинка даже при малых концентрациях (1 мг/л) тормозят развитие, а при больших (более 4 мг/л) вызывают токсическое воздействие на водную фауну [1]. Характерно и то, что их совместное присутствие в воде увеличивает токсичность в несколько раз.

Этим объясняется очень малое значение предельно допустимой концентрации для вышеперечисленных элементов.

Содержание тяжелых металлов в воде и почве зависит от температуры, солесодержания, наличия неорганических и органических комплексообразователей, биологической активности, времени года и величины рН среды. Соединения металлов попадают в почву и водоемы из атмосферы и при сбросе неочищенных сточных вод. Концентрация металлов в осадках на много порядков выше, чем в воде. В почве и торфе концентрирование тяжелых металлов происходит по механизму ионного обмена. Перенос ионов металлов может происходить в результате образования водорастворимых органических и неорганических комплексов.

Поэтому удаление из воды ионов тяжелых металлов – чрезвычайно важная задача, требующая применения наиболее эффективных методов. Сложность ее решения заключается в необходимости извлечения достаточно малых количеств ионов, на уровне сотых и тысячных мг/л.

В практике очистки производственных сточных вод от солей тяжелых металлов в настоящее время применяются реагентные методы, электрохимическая обработка и мембранные технологии.

Чаще всего в производственной практике для удаления ионов тяжёлых металлов используют реагентные методы, заключающиеся в их осаждении при добавлении к смеси соответствующего реагента. Достоинство этих методов – в их простоте. Однако к существенным недостаткам их относится то, что в смесь вводится новое химическое вещество, то есть новое загрязнение, а полученные осадки невозможно использовать в дальнейшем. Таким образом, безвозвратно теряются большие количества металлов.

Мембранное разделение является одним из наиболее эффективных методов для очистки воды от ионов тяжелых металлов [2]. Достоинства этих методов не только в возможности практически полной очистки от загрязнений, но и в сравнительно небольшом потреблении энергии при довольно простом аппаратном оформлении. Кроме того, применяя мембранные установки для очистки сточных вод, можно возвращать обратно в производство выделенные в виде концентрата металлы, что делает такую очистку экономически обоснованной и экологически наиболее целесообразной.

Эффективность использования мембранной технологии в процессах разделения жидких и газовых смесей связана не только с характеристиками используемых мембран, но и с конструкцией мембранного модуля, которая, в частности определяется геометрическими характеристиками мембраны.

Основным мембранным методом, позволяющим осуществлять выделение из растворов ионов металлов, является обратный осмос. Суть этого метода заключается в фильтровании растворов под давлением через полупроницаемую мембрану, пропускающую растворитель (воду) и полностью или частично задерживающую ионы растворенных веществ. При этом отделяются частицы, размеры которых не превышают размеры молекул воды. Достоинством обратного осмоса является: отсутствие фазовых переходов при отделении примесей, что позволяет вести процесс при небольшом расходе энергии и осуществлять одновременную очистку воды от органических, неорганических и бактериальных загрязнений. К недостаткам же метода относится повышенное давление в системе и явление концентрационной поляризации [3].

Нами экспериментально была опробована ацетатцеллюлозная мембрана для очистки воды от ионов хрома (VI). Результаты исследований показали высокую эффективность извлечения ионов из воды при их начальном содержании от 100 до 10 мг/л. При этом минимальный эффект очистки составил 99,65 %, а максимальный – 99,93 %. С ростом давления над мембраной эффективность очистки по фильтрату уменьшается экспоненциально, причем при значении 30 атм зафиксирована максимальная эффективность извлечения. Это делает возможным применение данного типа мембраны для удаления ионов хрома (VI) из сточных вод.

Литература

1. Зайцев В.Ф., Григорьев В.А., Крючков В.Н. Особенности распределения тяжёлых металлов в органах и тканях различных видов ихтиофауны // Вестник АТИМРПиХ, 1993. – С. 69–71.
2. Дытнерский Ю.И. Мембранные методы разделения смесей. М.: Химия, 1978 – 375 с.
3. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: Учебное пособие. Барнаул, 2000. – 391 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕДУКТОРА ПРИВОДА ВАЛЬЦОВ ПРОИЗВОДСТВА ПАРОНИТА

Степанова А.С. - студент группы МХ-11

Сесёлкин И.В. – к.т.н., доцент

Калмыков Н. В. - механик цеха паронита ОАО «БзАТИ»

На ОАО «БзАТИ» в настоящее время производится выпуск листового паронита марок ПОН-Б, ПМБ, 56, ПЭ.

Технологический процесс изготовления паронита состоит из следующих основных операций: подготовки сырья, производства резиновых смесей, приготовления паронитовых смесей, вальцовки и раскроя листового паронита.

Изготовление паронита осуществляется на вальцах 1800 496/960 М производства Киевского машиностроительного завода «Большевик».

Вальцы имеют два вала, вращающихся навстречу друг к другу, расположенных в вертикальной плоскости: верхний (меньший) валок охлаждается водой и нижний (большой), обогреваемый паром. Нижний валок установлен неподвижно, а верхний имеет возможность вертикального перемещения с помощью двух специальных червячных редукторов. Привод перемещения верхнего вала осуществляется от коробки скоростей, входная шестерня которой находится в зацеплении с шестерней верхнего вала.

Привод валков осуществляется от электродвигателя через цилиндрический трехступенчатый редуктор на нижний валок. Верхний валок получает вращение от нижнего при помощи валковых шестерен.

Вальцевание паронита производится непрерывным способом методом последовательного наслоения сырой массы на горячий (нижний) валок с одновременным уплотнением листа, его подсушкой и частичной вулканизацией. При этом верхний валок

непрерывно отодвигается от нижнего на строго задаваемое с помощью коробки скоростей расстояние (обычно 0,03 – 0,05 мм за один оборот нижнего вала). Наслаивание смеси на рабочий валок продолжается до заданной толщины листа.

Фактически, при частоте вращения нижнего вала 11,95 об/мин (паспортные данные) можно получить качественные паронитовые листы толщиной до 2 мм. При получении паронита толщиной от 2 мм до 6 мм на вальцах 1800 496/960 М за счет высокой скорости вращения нижнего вала элементарная наслойка паронитовой массы не успевает полностью вулканизоваться, а также из массы не удаляется весь объем растворителя «Неффрас», т. о. образуется большое количество брака.

Получение листов паронита толщиной более 2 мм осуществляют в настоящее время путем дублирования, т.е. склеиванием двух листов. Этот метод довольно трудоемкий и не гарантирует получения продукции высокого качества.

Для получения качественного толстомерного паронита целесообразно обеспечить понижение скорости нижнего вала, при этом будет увеличиваться время прогрева слоев паронитовой массы. Использование вариатора для уменьшения скорости вращения нижнего вала экономически не выгодно, так как на предприятии большая часть выпускаемого паронита имеет толщину до 2 мм. Наиболее простой и доступный вариант снижения скорости вращения вальцов – это изменение передаточного числа редуктора привода.

С целью получения паронитовых листов толщиной от 2 до 6,0 мм, предлагается выполнить модернизацию редуктора привода вальцов, которая заключается в изменении передаточного числа первой ступени цилиндрического трехступенчатого редуктора. Увеличение передаточного числа первой ступени редуктора позволяет снизить угловую скорость вращения верхнего и нижнего валков паронитовых вальцов.

Основной задачей модернизации являлось сохранение межосевых расстояний ступеней, и, следовательно, корпуса редуктора. В результате проведенных расчетов определено количество зубьев шестерни и зубчатого колеса первой ступени редуктора. В частности, шестерню и зубчатое колесо соответственно с числом зубьев 18 и 58 рекомендуется заменить на шестерню и колесо с числом зубьев 15 и 61. Это позволяет увеличить передаточное число и снизить скорость вращения нижнего вала с 11,95 об/мин до 9,4 об/мин.

Изготовление необходимых деталей для модернизации редуктора можно осуществить на металлообрабатывающих станках ремонтно-механического цеха предприятия.

Проведены расчеты на контактную прочность, на прочность при изгибе и определены геометрические параметры передачи. Полученные результаты могут быть реализованы на ОАО «БЗАТИ» для производства качественного толстомерного паронита.

СОЗДАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРОГО БЕНЗОЛА

Сторожук Е. С. – студентка гр. ООС-11,
Певнева И.А. – аспирант,
Горелова О. М. - к.т.н., доцент

Коксохимическая промышленность поставляет для народного хозяйства множество ценных продуктов, и в то же время является мощным источником поступления экотоксикантов в окружающую среду. В Алтайском крае расположено предприятия вышеуказанной отрасли промышленности ОАО «Алтайкокс». Решение вопросов ресурсосбережения, сокращения количества отходов при получении кокса будет способствовать улучшению экологической обстановки в регионе.

Сырой бензол является одним из продуктов коксохимии и образуется при улавливании и конденсации коксового газа. Он представляет собой многокомпонентную систему, основными составляющими которой являются одноядерные ароматические соединения. Основные компоненты сырого бензола — бензол, толуол, ксилолы, триметилбензолы, составляющие в сумме обычно около 90% всего сырого бензола. Остальная часть приходится, главным образом, на соединения непредельного характера (стирол,

циклопентадиен, инден и др.) и на сернистые соединения (преимущественно сероуглерод, тиофен), содержание которых зависит от сернистости коксуемых углей.

Сам по себе сырой бензол не имеет практического применения, но ценность его отдельных компонентов весьма велика.

Наличие в сыром бензоле непредельных и сернистых соединений исключает возможность непосредственного получения из него чистых продуктов без предварительной очистки его от этих нежелательных примесей. Объясняется это тем, что даже незначительные примеси серы в бензоле и толуоле, применяемых для некоторых органических синтезов, вызывают быстрое отравление катализатора, а смолистые вещества, образующиеся в результате полимеризации непредельных соединений, обволакивают поверхность катализатора, дезактивируя ее. В связи с этим переработка сырого бензола должна осуществляться таким образом, чтобы получающиеся бензольные продукты не содержали непредельных и сернистых соединений или же содержали их в очень незначительных количествах, при которых исключается их негативное влияние.

Поэтому в любую технологическую схему переработки сырого бензола обязательно включается предварительная стадия, назначение которой – удалить примеси непредельных и сернистых соединений, а затем переходить к ректификации очищенного сырья и получению товарных продуктов.

Наиболее перспективным методом очистки бензола является каталитическая гидроочистка, позволяющая:

- провести глубокую очистку от сернистых и непредельных соединений;
- наиболее полно удалить непредельные углеводороды;
- комплексно перерабатывать другие продукты коксования угля – легкое масло, нафталиновую фракцию и др.

Сущность процесса каталитической гидроочистки заключается в обработке паров очищаемого сырья водородом или водородсодержащим газом над катализатором при соответствующих температуре, давлении и объемной скорости сырья.

При прохождении смеси паров и водородсодержащего газа над катализатором под влиянием температуры и давления протекают различные реакции, к числу которых относят: реакции гидрообессеривания, гидрирование ненасыщенных соединений, гидрирование ароматических углеводородов, гидрокрекинг насыщенных углеводородов, диметилирование гомологов бензола.

Выделение чистых продуктов из сырого бензола осуществляется методом ректификации, являющимся одним из наиболее эффективных способов разделения жидких смесей на индивидуальные компоненты.

Целью наших исследований явился поиск альтернативных способов разделения сырого бензола, прошедшего гидроочистку, при минимизации количества отходов и энергозатрат.

Для изучения процесса ректификации нами проведено формирование банка данных свойств чистых веществ, входящих в состав гидрогенизата сырого бензола. Также предстоящий вычислительный эксперимент потребовал информацию о физико-химическом взаимодействии компонентов в растворе. С этой целью проводился литературный поиск данных по парожидкостному равновесию для бинарных составляющих изучаемой многокомпонентной системы. Для двухкомпонентных систем, в которых отсутствовали литературные данные, экспериментально исследовалось равновесие жидкость-пар. Полученные данные подвергались математическому описанию, результаты расчетов использовались при моделировании процесса ректификации.

Предлагаемая нами ректификационная схема разделения предполагает меньше разделительных элементов, нежели та, которая имеет место на производстве при получении такого же объема и видов выпускаемой продукции, что предполагает экономию энергоресурсов, снижение капитальных затрат, характеризует новую технологию как более ресурсосберегающую.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ МАЛООТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРОГО БЕНЗОЛА

Бедная Т. П.- студентка гр. ООС-11

Певнева И.А. – аспирант,

Горелова О. .М. - к.т.н., доцент

Объемы и темпы техногенного загрязнения окружающей среды достигли такого уровня, что оно превратилось в одну из важнейших проблем современности. В связи с этим, все большую значимость приобретает возможность экологизации промышленности, а именно совершенствование существующих технологий, разработка малоотходных технологических процессов, соответствующих требованиям экологии и ресурсосбережения.

Использование отходов способствует повышению рентабельности как предприятий их производящих, так и перерабатывающих, снижению затрат на геологоразведочные работы, увеличению номенклатуры производящей продукции и экономии сырья в целом.

Применение отходов в материальном производстве, как правило, требует дополнительных операций с целью придания им необходимых свойств или четкой фиксации этих свойств.

В результате процесса коксования в коксовых камерах остается кокс, а летучие химические продукты выделяются в виде весьма сложной смеси паров и газов, образуя так называемый прямой коксовый газ. Коксовый газ подвергается очистке, и из него выделяют ценные компоненты, такие как водород, аммиак в виде сульфата аммония, сероводород, каменноугольную смолу, которая содержит более 300 соединений и сырой бензол, являющийся смесью различных соединений.

Основную массу сырого бензола составляют всего лишь несколько соединений: бензол, толуол, ксилолы, триметилбензолы, составляющие в сумме обычно около 90% всего сырого бензола. Остальная часть приходится, главным образом, на соединения непредельного характера и на сернистые соединения, содержание которых зависит от сернистости шихты.

Сырой бензол, являясь многокомпонентной смесью, сам по себе не имеет потребительской ценности, но его составляющие широко востребованы в тонком и основном органических синтезах.

Основными представителями сернистых соединений в сыром бензоле являются сероуглерод (CS_2), тиофен (C_4H_4S) и его гомологи. В зависимости от сернистости шихты, идущей для коксования, содержание этих примесей в сыром бензоле колеблется от 0,2 до 2%. С повышением температуры коксования их содержание в сыром бензоле увеличивается.

При тщательной ректификации сероуглерод почти полностью сосредоточивается в головной фракции. Что касается тиофеновой серы, то она распределяется довольно равномерно по фракциям сырого бензола.

Наличие в сыром бензоле непредельных и сернистых соединений исключает возможность непосредственного получения из него чистых продуктов. В связи с этим переработка сырого бензола должна осуществляться таким образом, чтобы получающиеся бензольные продукты не содержали непредельных и сернистых соединений или же содержали их в очень незначительных количествах, при которых исключено их вредное влияние в процессе производства синтетических продуктов.

В промышленности для переработки сырого бензола используют два процесса:

- 1) очистку – выделение непредельных и сернистых соединений;
- 2) ректификацию – разделение смеси вследствие разности температур кипения ее компонентов.

Целью наших исследований являлось создание ректификационной схемы разделения сырого бензола, прошедшего наиболее традиционный вид обессеривания – сернокислотную очистку.

При разработке ректификационной схемы провели анализ индивидуальных свойств компонентов смеси и их взаимодействие в растворе на основании имеющихся литературных данных. Недостающие данные о физико-химическом взаимодействии компонентов в

растворе были получены экспериментально либо спрогнозированы с помощью групповой модели UNIFAC.

Современный подход к исследованию процесса ректификации предполагает создание математической модели фазового пространства жидкость-пар рассматриваемой системы. Наличие математической модели позволяет сократить объем натурного эксперимента по ректификации и исследовать процесс в широком диапазоне изменения параметров.

Данные по парожидкостному равновесию подвергли математической обработке и получили набор параметров бинарного взаимодействия, являющийся основой математической модели фазового пространства.

Нами предложена технологическая схема ректификации сырого бензола, которая предполагает разделение в колоннах непрерывного и периодического действия, удаляя на первой (непрерывной) колонне бензол, а в дистиллят второй (периодической) колонны все последующие компоненты (толуол, ксилолы, инден). В кубе периодической колонны останутся продукты осмоления и серосодержащие полимеры, полученные при сернокислотной очистке.

Параметрическая оптимизация принятых схем проводилась в вычислительном эксперименте с использованием пакета программ, разработанного в НИФХИ им. Л.Я.Карпова. Определялись размеры ректификационных колонн, флегмовое число, тарелки подачи питания для колонн непрерывного действия, время ректификации для колонн периодического действия.

Разработанные технологии позволят более экономично перерабатывать побочные продукты коксохимии с получением товарных продуктов высокого качества, что сделает производство кокса ресурсосберегающим и менее отходным.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕНТОНИТОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ИОНОВ СВИНЦА

Смыкова Т.А. - студент гр. ООС-11

Кондратюк Е.В. - аспирант

Экологическая безопасность современного общества является важнейшим фактором устойчивого развития страны и касается практически всех отраслей народного хозяйства. К числу наиболее опасных для природы процессов относится загрязнение водоемов сточными водами предприятий черной и цветной металлургии, химических и гальванических производств, содержащими ионы тяжелых металлов.

Несмотря на многообразие методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов на многих предприятиях остается открытой проблема их оснащенности высокоэффективными сооружениями. Это связано с высокой стоимостью сорбционных материалов и установок, применяемых для очистки.

Таким образом, отрасли, стоки которых содержат большое количество ионов тяжелых металлов, нуждаются в создании новых высокоэффективных и недорогих технологий. Это может быть реализовано путем внедрением в технологию очистки новых природных минеральных сорбентов, в частности бентонитовых глин, отличающихся высокой сорбционной способностью и достаточно низкой стоимостью.

Настоящая работа посвящена изучению ионообменных свойств природных минеральных сорбентов, бентонитовых глин, для возможности их использования в процессах очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, а именно ионов Pb^{2+} .

Традиционно бентонитовые глины с высоким содержанием монтмориллонита (90-97%) дозируют в очищаемую воду, перемешивают и направляют в отстойники для осаждения. После этого осветленную воду дочищают на фильтрах. Существование такой технологии объясняется, прежде всего, колоссальной гидрофильностью бентонитовых глин, в связи с этим они образуют очень устойчивые коллоиды, требующие длительного отстаивания. Этот процесс, конечно, можно ускорить, подкисляя воду в отстойнике, но это нерентабельно и

ухудшает ионообменные свойства бентонитов. При фильтровании эти глины коагулируют верхние слои фильтрующих загрузок, вызывая большие потери напора, и как следствие большие затраты энергии на промывку.

Тем не менее использование бентонитовых глин в процессах очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов весьма перспективное направление, так как эти материалы достаточно дешевы, экологически чисты и не вызывают вторичное загрязнение воды, что очень важно при подготовки воды для питьевых целей. В связи с этим весьма интересным выглядит идея получения ионообменного материала, который можно будет использовать в качестве фильтрующей загрузки. Применение этого материала позволит сократить занимаемые площади сооружений и значительно удешевить процесс очистки от ионов тяжелых металлов.

Для проведения экспериментов по очистке свинецсодержащих сточных вод использовался полученный нами в лабораторных условиях сорбционно-ионообменный материал «Бентосорб», представляющий собой базальтовое волокно с нанесенным на его поверхность бентонитом. Для этого использовалось барнаульское минеральное базальтовое волокно и различные типы бентонитов западного карьера Таганского месторождения в соотношениях 1:2 и 1:3. Базальтовое волокно и бентонит обрабатывали и перемешивали с небольшим подкислением, после чего оставляли в течение суток для процесса адгезии бентонита на базальтовом волокне.

В результате адгезии происходит армирование бентонита базальтовыми волокнами; это особенно важно для предотвращения вымывания бентонита из загрузки в желеобразном состоянии. Коллоидальные частицы бентонита заключены между волокнами (нитеями) базальтовой матрицы, как бы сшивая ее. При этом значительно увеличивается доступная сорбционная поверхность бентонита и, в итоге, образуется очень стабильный, прочный композиционный материал, способный сохранять свое состояние длительное время.

Полученный сорбционно-ионообменный материал, забивался в колонку с высотой слоя 1,5 см. В качестве поддерживающего слоя использовался графит. Через колонку со скоростью 2 м/ч пропусклся модельный раствор с концентрацией свинца 1,3 мг/л. Пробы отбирались через каждые 0,5 литра профильтрованной воды. Анализ содержания свинца в фильтрате проводился потенциометрическим методом на свинецселективном электроде с рабочим диапазоном 10^{-6} - 10^{-1} М/дм³.

Результаты исследований приведены на рисунке 1.

В процессе фильтрации на верхних слоях загрузки появлялся желтоватый след, который постепенно опускался вниз.

Как видно на рисунке 1, первые порции отобранного фильтрата (≈ 2 л) отличаются высоким содержанием загрязняющих веществ по сравнению с начальной концентрацией. Это объясняется тем, что вымывается неотмытая сода, используемая при активации бентонита. С 2-х и до 4,5-х литров эффективность очистки свинецсодержащих вод «Бентосорбом» значительно повышается и достигает 99,9%. С 5-ти до 6,5-ти литров эффективность стала снижаться. На 6,5 литрах опыт был приостановлен. Во время простоя фильтра в сорбенте, вероятно, открылся доступ к новым активным центрам, поэтому когда опыт был продолжен эффективность очистки вновь возросла. После 8-ми литров прошедшего фильтрата эффективность стала резко снижаться, что говорит о достижении сорбентом динамической емкости.

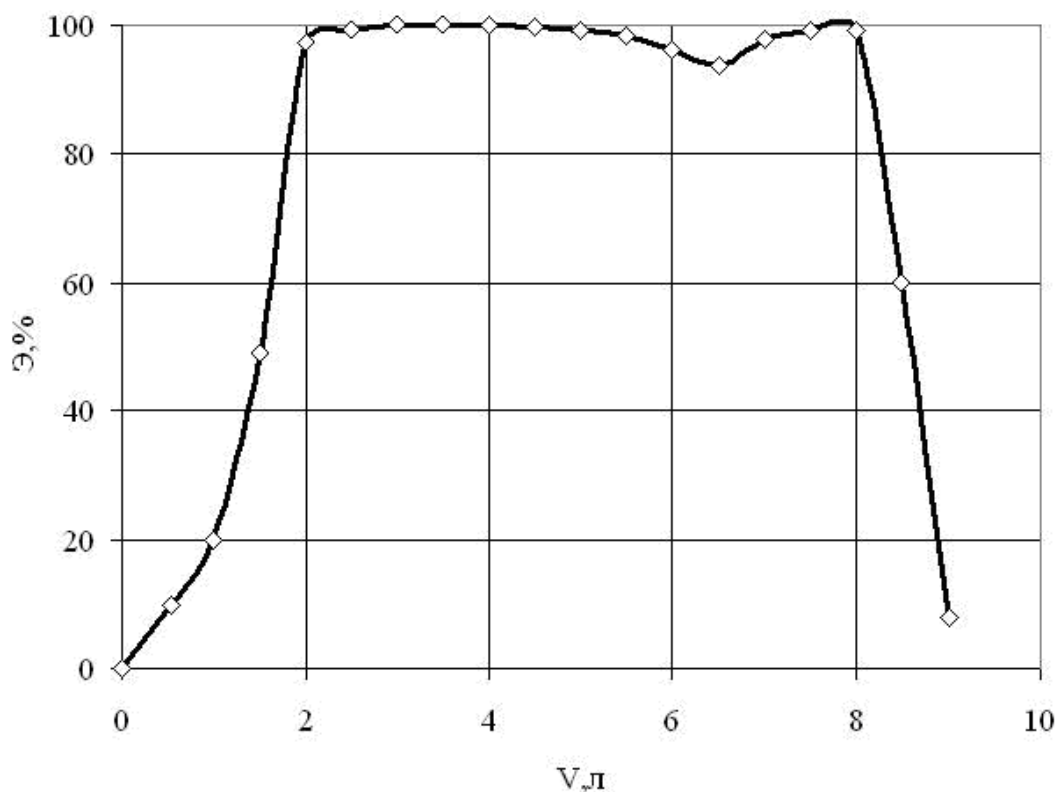


Рисунок 1- Зависимость эффективности очистки (Э) свинецсодержащих сточных вод «Бентосорбом» от объема раствора (V)

Из проведенных экспериментов, можно сделать вывод о возможности использования «Бентосорба» для очистки свинецсодержащих сточных вод и дальнейшего исследования его свойств.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИРОДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СОРБЕНТА С ИОНООБМЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Захватова А. В. – студент гр. ООС-21

Мок Е.А – студент гр. ООС-21

Кондратюк Е.В. - аспирант

Очистка сточных вод от тяжелых металлов в настоящее время является актуальной проблемой общегосударственного масштаба. Об опасности и вредности тяжелых металлов говорит то, что они включаются через цепь питания в круговорот и концентрируются в живых организмах. Характерным является проявление токсических свойств тяжелых металлов при их одновременном присутствии. В практике очистки производственных сточных вод в настоящее время находят применение мембранные технологии, электрохимическая обработка, реагентные, биохимические, сорбционные методы очистки; ионы цинка, хрома, меди, никеля, ртути эффективно извлекаются из воды методом ионного обмена. Использование ионного обмена позволяет добиться высокой степени очистки сточных вод, но применение этого метода имеет ряд недостатков, и, в первую очередь, высокую стоимость ионообменных компонентов.

Решение проблемы очистки сточных вод от тяжелых металлов связано с разработкой новых технологий, получением новых материалов, способных эффективно извлекать из сточных вод тяжелые металлы, позволяющих избежать образование высокотоксичных осадков, провести утилизацию ценных продуктов и улучшить экологические параметры состояния окружающей среды.

Эти материалы должны быть недорогими, а технология получения - простой.

Поэтому создание высокоэффективных энерго- и ресурсосберегающих, малоотходных и безопасных технологий очистки сточных вод промышленных предприятий одновременно от всех основных групп загрязнений несомненно представляет актуальную задачу.

В последнее время начинает развиваться такое научное направление как химико-технологический дизайн, основной задачей которого является разработка новых технологий и аппаратов, которые одновременно сочетают несколько технологических процессов. Не являются исключением и природоохранные технологии (отстойники, комбинированные с фильтрами; фильтры с многослойными загрузками и т.д.). Весьма перспективно направление получения сорбентов, сочетающих ионно-обменные, сорбционные и фильтрующие свойства, так называемых “активных фильтров”.

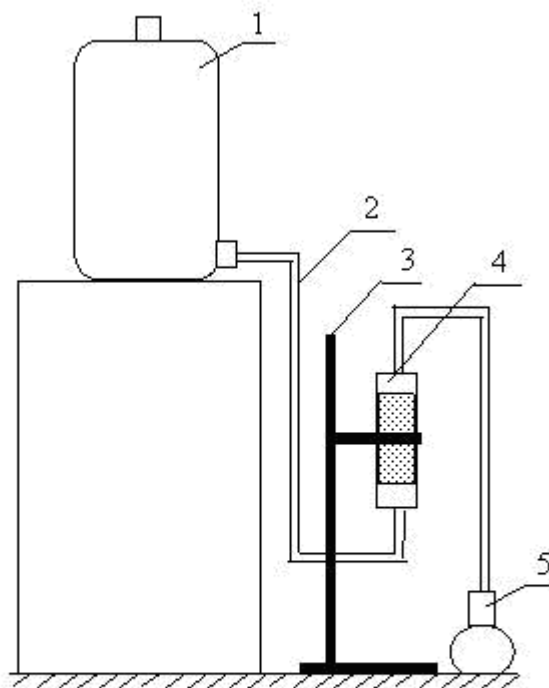
Указанные комбинированные методы позволяют добиваться такой же эффективности очистки сточных вод, что и традиционные, но при значительной экономии энергии и сокращении производственных площадей. Кроме того, в ряде случаев комплексные технологии значительно эффективней и не требуют применения токсичных реагентов для проведения процесса очистки.

Цель нашего исследования заключается в разработке эффективного и доступного метода очистки сточных вод от ионов свинца с применением природных минеральных сорбентов - бентонитовых глин. Основным компонентом бентонитов является монтмориллонит, комплексный минерал, обладающий способностью обменивать ионы, находящиеся в растворе на ионы кристаллической решетки. При контакте с водой он значительно изменяет свою внутреннюю структуру, что сопровождается набуханием. Подобно ионообменным смолам, широко используемым для очистки загрязненных вод от ионов хрома и свинца, бентониты находят применение в качестве реагентов, добавляемых в сточную воду для очистки.

Высокоразвитая поверхность коллоидальных частиц бентонитов обеспечивается их малым диаметром, который колеблется от нескольких микрон до десятков ангстрем. Ввиду такой дисперсности минерал обладает значительной обменной емкостью - 100 мг·экв/100 г сухого минерала и более. Представляет большой интерес использовать в качестве основы для нанесения бентонита микроволокнистый материал с низким удельным весом и высокоразвитой поверхностью - базальтовое волокно. При этом предполагается получить фильтровальную загрузку, обладающую ионообменными и сорбционными свойствами – «Бентосорб».

Исходным сырьем является базальтовое волокно, материал ранее не применяемый для целей водоочистки и водоподготовки. Оно используется в качестве адсорбционной матрицы, на которую определенным образом нанесен бентонитовый состав, придающий ей ионообменные и сорбционные свойства. Базальтовое волокно - материал, состоящий из ультратонких волокон, получается расплавом базальтовых горных пород и применяется преимущественно для тепло- и звукоизоляции. Оно обладает рядом преимуществ по сравнению с другими материалами: экологическая безопасность, связанная с получением из природного минерального сырья, низкая себестоимость, высокоразвитая удельная поверхность с каталитически активными центрами. Материалы, используемые для получения исходного сырья, имеют невысокую стоимость и широко распространены в природе.

Для проведения работы была создана экспериментальная установка (рисунок 1), состоящая из расходного бака, в котором готовился раствор, содержащий 3 мг/л ионов свинца. Раствор пропусклся через фильтровальную колонку, заполненную «Бентосорбом» со скоростью 2 м/ч. Полученный на выходе фильтрат, анализировался на присутствие ионов свинца через определенные промежутки времени потенциометрическим методом с применением свинец селективного электрода.



- 1- бак для исходного раствора;
- 2- соединительный трубопровод;
- 3- штатив;
- 4- фильтрующая колонка;
- 5- колба для сбора фильтрата

Рисунок 1 – Лабораторная схема установки

Предварительно проведенные эксперименты по очистке свинецсодержащих вод показали высокую эффективность удаления ионов свинца до 99% при применении бентонитового материала «Бентосорб». Это позволяет сделать вывод о том, что использование этого нового материала для целей водоочистки и водоподготовки весьма перспективно и требует дальнейшего изучения.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА НИТРОЗЕПАМА

Санникова Е.Ю. – студентка гр. ООС-01

Горелова О.М. – к.т.н., доцент

В связи со сложившейся экологической обстановкой в настоящее время необходимо разрабатывать и внедрять технологические процессы, обеспечивающие сокращение отходов и максимальную их утилизацию, а так же более полно и комплексно использовать материально-сырьевые ресурсы.

Названные проблемы имеют тесную взаимосвязь: чем эффективнее будет осуществляться политика ресурсосбережения и рационального использования природных ресурсов, тем успешнее будет решаться задача охраны окружающей среды. Это объясняется тем, что загрязнение природы происходит не только на стадии использования, но и на стадии получения продукта и синтеза составляющих его компонентов.

Направление ресурсосбережения является одним из важнейших для повышения эффективности производства и улучшения состояния окружающей среды.

Проблема утилизации отработанных растворителей, являющихся жидкими токсичными отходами, сегодня практически не решена. Отработанные смеси не утилизируются. В результате происходит загрязнение природной среды, и теряются ценные компоненты

растворителя, основная масса которых является продуктами переработки растительного сырья, а так же продуктами каталитического пиролиза нефтяных фракций.

Фармакологические производства являются мощными поставщиками такого типа отходов, поскольку лекарственные препараты нуждаются в качественной очистке от побочных продуктов синтеза и сырьевых компонентов, а для этого используются такие растворители, как ацетон, изопропиловый и этиловый спирты.

При производстве лекарственного препарата, транквилизатора - нитрозепама, выпуск которого планируется на Бийском олеумном заводе, образуется масса отходов, в состав которых входят бензол (Б), ацетон (А), изопропиловый спирт (ИПС) и вода (В) с растворенными в ней высокомолекулярными органическими примесями.

Разделение таких смесей представляет собой достаточно сложную задачу, поэтому, в большинстве случаев такие отходы утилизируют путем сжигания, чем вносят вклад в тепловое и химическое загрязнение окружающей среды. Вместе с тем, переработка таких смесей с получением полезных продуктов технически возможна и принесет не только экологический, но и экономический эффект.

Нами рассматривалась возможность разделения одного из видов отходов производства нитрозепама - смеси А-Б-ИПС-В сочетанием методов ректификации и расслаивания.

Для изучения процесса ректификации необходима информация о свойствах чистых веществ, физико-химическом взаимодействии веществ в растворе. Эти сведения были найдены в справочной литературе или получены нами экспериментально. Математическая обработка данных позволила создать модель фазового пространства жидкость-пар и проводить ректификацию в вычислительном эксперименте на компьютере.

С целью изучения процесса расслаивания, нами в натурном эксперименте было изучено равновесие жидкость-жидкость в системах А-Б-В, ИПС-Б-В. Анализ результатов эксперимента показал, что ацетон и изопропанол преимущественно переходят в органический слой, чем в водный.

Разделение смеси растворителей и воды предлагается проводить в комплексе ректификационных колонн непрерывного и периодического действия и сепаратора.

Первоначально вводно-органическая смесь поступает на разделение в ректификационную колонну непрерывного действия для обезвоживания. Дистиллят поступает в сепаратор на расслаивание, а кубовый продукт, представляющий собой очищенную от органических растворителей воду, отправляется в производственную канализацию.

В сепараторе происходит разделение дистиллята на два слоя - водный и органический. Слои из сепаратора поступают в промежуточные емкости, где накапливаются, а затем поочередно ректифицируются на колонне периодического действия.

Органический слой копится в течение трех суток, а затем загружается в куб колонны. При его ректификации в дистиллят отбирается смесь ацетона и бензола с небольшим содержанием изопропанола и воды, которая может использоваться в качестве экстрагента в практике водоочистки или при получении экстрактов из растительного сырья. Кубовый продукт колонны будет бензол, соответствующий качеству "технический".

Водный слой содержит небольшую примесь бензола, и в значительном количестве изопропиловый спирт и ацетон. В результате ректификации водного слоя можно получить следующие продукты:

- 1) смесь ацетон – ИПС, близкую по составу к товарному растворителю «Сольватон»;
- 2) смесь ИПС – вода, которая широко востребована для производства чистящих и моющих средств;
- 3) воду, очищенную от органических веществ.

Таким образом, переработка отходов производства нитрозепама получить продукты, востребованные в народном хозяйстве, что в значительной степени способствует ресурсосбережению и защите окружающей среды.

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭПОКСИДНЫХ ГРУНТОВОК

Ильина Е.С. – студент гр. ООС-11

Тарасова М.Н. – студент гр. ООС-21

Лазуткина Ю.С. - к.т.н., старший преподаватель

Создание малоотходных технологий является приоритетным направлением инновационной деятельности современных промышленных предприятий. Это связано с повышением требований в области охраны окружающей среды.

В Алтайском крае одним из производителей лакокрасочных изделий является ОАО «Алтайхимпром».

Производство эпоксидных грунтовок основано на предприятии в 1989 году.

В зависимости от марки грунтовки, их используют на различные цели:

- грунтовка ЭП-0215 предназначена для защиты от коррозии внутренней поверхности топливных баков, работающих в среде топлива с примесью воды;

- грунтовка ЭП-076АК используется для нанесения на детали и изделия из цветных металлов и сплавов, эксплуатирующихся в различных климатических условиях, подвергающихся обливу агрессивными жидкостями, синтетическими маслами и топливами;

- грунтовка ВГ-28 применяется для защиты от коррозии металлических деталей и оборудования на вагоностроительных и вагоноремонтных заводах, а также на предприятиях авиационной промышленности, нефтегазового комплекса и др.

При производстве грунтовок после промывки мельниц, используемых в основном производстве, образуется смесь растворителей, которые отправляются на сжигание.

Целью наших исследований является разработка технологии, позволяющая разделять смесь растворителей для дальнейшего их использования в производстве.

Основным способом разделения сложных органических смесей является процесс ректификации.

Состав растворителей формируют четыре основных компонента: ацетон, толуол, бутилацетат и о-ксилол.

Температуры кипения чистых компонентов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Температуры кипения чистых компонентов смеси

Вещество	Температура кипения, $T_{\text{кип}}$, °С при 760 мм.рт.ст
Ацетон	56,24
Толуол	110,636
Бутилацетат	126,114
О-Ксилол	144,414

В исследуемой системе на основе литературных и экспериментальных данных отсутствуют азеотропы, что позволяет применять для ее разделения обычную ректификацию.

Для расчета процесса ректификации необходимо иметь набор параметров бинарного взаимодействия между составляющими реакционной смеси. Для этого нами было экспериментально изучено парожидкостное равновесие (ПЖР). Оно позволяет, прежде всего, выявить характер и степень отклонений системы от законов поведения идеальных растворов, оценить взаимовлияние компонентов. На основе фазовых равновесий в бинарных составляющих могут быть получены фазовые равновесия в любых n-компонентных системах, определен их фазовый портрет.

Из шести бинарных составляющих в литературных источниках были найдены данные по равновесию жидкость - пар для 2 систем: ацетон–толуол и ацетон–бутилацетат; для остальных систем (ацетон–о-ксилол, бутилацетат–толуол, бутилацетат–о-ксилол, толуол–о-ксилол) ПЖР изучено экспериментально.

Экспериментально ПЖР исследовалось в изобарических условиях при атмосферном давлении в циркуляционном приборе Джилеспи, который обеспечивает высокую точность измерения температуры кипения смесей.

Для исследования равновесия жидкость-пар в бинарных системах снималось, как правило, 7-9 точек, поскольку зависимости «X-Y» и «X-Y-T» в бинарных смесях описываются плавными кривыми и интерполирование между экспериментальными точками не представляет трудности.

Полученные экспериментальные данные подвергались математическому описанию с помощью уравнения Вильсона в программной реализации НИИНЕФТЕХИМа, г. Уфа:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ln \gamma_1 = -\ln [x_1 + (1-x_1) \cdot \lambda_{12}] + (1-x_1) \left[\frac{\lambda_{12}}{x_1 + \lambda_{12}(1-x_1)} - \frac{\lambda_{21}}{x_1 \cdot \lambda_{21} + (1-x_1)} \right] \\ \ln \gamma_2 = -\ln [(1-x_1) + x_1 \cdot \lambda_{21}] - x_1 \left[\frac{\lambda_{12}}{x_1 + \lambda_{12}(1-x_1)} - \frac{\lambda_{21}}{x_1 \cdot \lambda_{21} + (1-x_1)} \right] \end{array} \right.$$

где $\lambda_{12}, \lambda_{21}$ – параметры бинарного взаимодействия;

γ – коэффициент активности компонента;

x – массовая доля компонента в смеси.

Результаты математической обработки в виде параметров бинарного взаимодействия ($\lambda_{12}, \lambda_{21}$) для всех двухкомпонентных систем исследуемой смеси и погрешности описания в виде среднего и максимального абсолютных отклонений по температуре кипения представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры уравнения Вильсона для бинарных составляющих исходной смеси

Наименование системы	Параметры Вильсона	
	λ_{12}	λ_{21}
Ацетон - Толуол	0,7094	0,8165
Ацетон - Бутилацетат	1,4230	0,4443
Ацетон – О-Ксилол	0,8275	1,0433
Толуол - Бутилацетат	0,5870	1,4170
Толуол - О-Ксилол	0,8010	1,6582
Бутилацетат - О-Ксилол	0,9855	2,4111

Таким образом, в результате математического описания данных по равновесию жидкость - пар в бинарных подсистемах, получена математическая модель ПЖР в виде набора параметров бинарного взаимодействия, которая позволяет адекватно воспроизводить особенности фазового пространства исходной четырехкомпонентной смеси и моделировать процесс ректификации.

ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ АСПИРАЦИОННОГО ВОЗДУХА ПРИ НАНЕСЕНИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Проскуряков А.Ю. – студент гр. ООС-11

Андреева Н. Г. – к.т.н., доцент

В процессах получения гальванических покрытий образуется большое количество твердых и жидких отходов. Так в процессе хромирования образуются пары, содержащие большое количество вредных и токсичных веществ (шестивалентный хром, хромовый ангидрид, серная кислота и др.). Для обеспечения безопасной работы обслуживающего персонала такие производства необходимо снабжать мощными системами вентиляции, а паро-воздушную смесь (ПВС) подвергать очистке.

Существует большое количество методов очистки выбросов от загрязняющих веществ, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Т.к. универсального метода не существует, то для каждого конкретного случая выбирается наиболее приемлемый.

Очистка вентиляционных выбросов гальванического цеха имеет свою специфику и необходимо применять сочетание различных методов.

На первых этапах исследований необходимо провести анализ процесса хромирования, т.е. изучить оборудование, его технические и экономические характеристики, особенности процесса, состав и свойства выбросов, их количество, интенсивность испарения с зеркала электролита, а также на каких стадиях процесса происходит выделение загрязняющих веществ в окружающую среду и др.

Процесс состоит из большого числа стадий и практически на каждой из них происходит выделение загрязняющих веществ, как в атмосферу, так и со сточными водами.

На основной стадии процесса, при использовании тока высокой частоты и повышенной температуры происходит интенсивное выделение ПВС и удаление ее с поверхности электролита с помощью бортовых отсосов. Система бортовых отсосов (одно- или двухсторонняя) играет важную роль в процессе отведения образующейся ПВС от зеркала электролита и влияет на скорость испарения.

Агрессивность ПВС необходимо учитывать при эксплуатации оборудования и трубопроводов. Остывая, ПВС конденсируется на стенках воздухопроводов и через неплотности вытекает из системы, загрязняя рабочую среду и в ванне хромирования, и в цехе. Важной задачей является не только улавливание конденсата, но и возврат его в производство, что позволит улучшить технико-экономические показатели производства.

Как показал анализ работы вентиляционной системы действующего цеха, процесс конденсации хромового ангидрида происходит самопроизвольно. Используя этот эффект, разумно создать устройство улавливания конденсата, но это устройство должно обеспечить конденсацию также паров серной кислоты и воды.

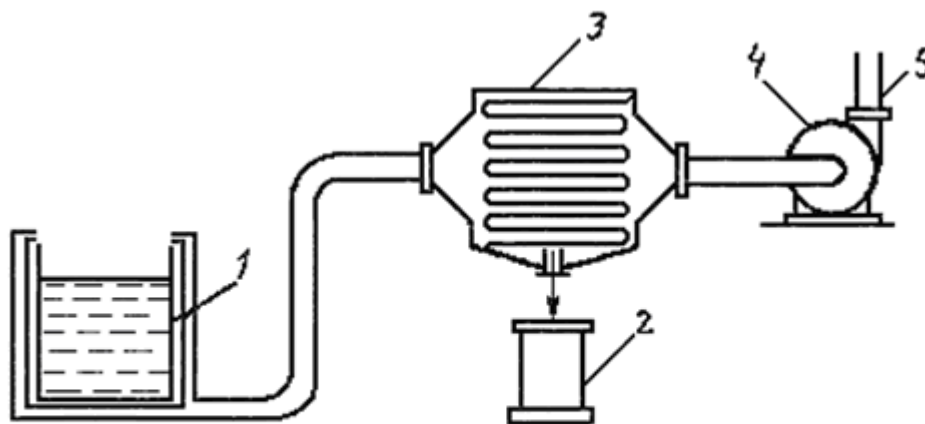
Для подтверждения возможности конденсации проведен расчет коэффициента теплоотдачи от паров сложного состава (летучих соединений хрома, серной кислоты, воды и др.), который показал, что наиболее трудно конденсируемым компонентом смеси являются пары воды. При величине коэффициента $53,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ необходимая для обеспечения конденсации паров поверхность теплообмена должна быть не менее 70 м^2 , что нерационально с точки зрения экономии производственных площадей, затрат материальных ресурсов. Снижение величины поверхности теплообмена приведет к снижению температуры охлаждающей жидкости, что потребует дополнительных затрат на получение хладагента.

Решение проблемы можно найти и применением механических способов очистки ПВС путем использования фильтров.

Фильтры типа ФВГ-Т предназначены для санитарной очистки аспирационного воздуха температурой $5 - 90^\circ\text{C}$ (от гальванических ванн хромирования), содержащего туман и брызги электролита в виде смеси кислот: хромовой (концентрация не более 370 г/л CrO_3) и серной (концентрация не более $3,5 \text{ г/л}$). Условные обозначения в названии фильтра: Ф - фильтр; В - волокнистый; Г - для гальванических ванн; Т - титан (материал корпуса).

Фильтр данной конструкции работает в режиме накопления уловленного продукта на поверхности фильтрующего материала с частичным стоком жидкости. При достижении перепада давлений 500 Па (50 мм рт. ст.) фильтр подвергается периодической промывке (один раз в течение 15-30 суток). Фильтрующий материал - иглопробивное полотно

При улавливании аэрозольных частиц происходит забивание фильтрующего материала, приводящее к повышению его аэродинамического сопротивления и к снижению объема воздуха, отсасываемого аспирационной системой. Поэтому фильтр работает в режиме накопления улавливаемых частиц с последующей регенерацией при достижении перепада давлений на фильтре 500 Па путем промывки кассеты теплой водой $30-40^\circ\text{C}$.



1 – ванна хромирования; 2 – сборник стекающей жидкости; 3 – фильтр; 4 – вентилятор; 5 – вытяжная труба

Рисунок 1 Очистка воздуха, отсасываемого от серно-кислотных ванн хромирования

Главной составной частью воздушного фильтра является фильтрующий элемент, т.е. устройство, которое обеспечивает удаление твердых частиц, паров масла, воды из сжатого воздуха. Внутри корпуса фильтра размещена кассета с фильтрующим материалом, наложенным на каркас и прижатым прижимной решеткой (из пруткового материала). Кассета изготовлена в виде вертикально расположенных складок

Для изготовления элементов в качестве фильтрующего материала используются иглопробивное волокно и стекловолокно, обладающие высокой пористостью (до 96%). Предусмотрена возможность изготовления трех видов стекловолокнистых фильтрующих элементов, отличающихся эффективностью очистки воздуха: 1) предварительная очистка (используется иглопробивное волокно). Улавливаются жидкие и твердые частицы размером более 5 мкм. Эффективность улавливания частиц размером 1 мкм - 80%, 2) основная очистка (используется супертонкое волокно). Полностью улавливаются частицы размером более 1 мкм. Эффективность очистки от частиц размером 0,3 мкм - 98%. Содержание масла в воздухе не более $1,0 \text{ мг/м}^3$. Тонкая очистка (используется ультратонкое волокно). Эффективность очистки от частиц размером 0,3 мкм - 99,95%, остаточное содержание масла в воздухе - не более $0,05 \text{ мг/м}^3$.

Фильтрация в элементах происходит изнутри наружу. Проходя через фильтрующую перегородку, водомасляная аэрозоль постепенно коалесцирует (укрупняется) на перегородке, образуя большие капли, которые проталкиваются на внешнюю сторону фильтрующего элемента. Для удержания капель и предотвращения генерации вторичного аэрозоля предусмотрен барьерный брызгоулавливающий слой, по которому капли стекают вниз элемента, и отрываясь, скапливаются на дне фильтра. По водомасляной аэрозоли фильтрующий элемент работает в режиме самоочищения, а все механические загрязнения задерживаются в фильтрующей перегородке.

По сравнению с известными аналогами фильтры ФВГ-Т имеют следующие преимущества: возможность промывки фильтрующей кассеты как внутри корпуса фильтра, так и вне его; простота обслуживания (легкость замены фильтрующего материала); небольшие размеры; возможность очищать воздух от аэрозольных частиц кислот, щелочей, солей. Применение фильтров позволяет снизить выбросы в атмосферу токсичных веществ до норм ПДВ.

В результате установки такого фильтра происходит экономия сырья, которое может быть возвращено в процесс, и уменьшается воздействие на окружающую среду. Но т.к. материал корпуса выполнен из титана, являющимся дорогостоящим материалом, установка фильтра в данной системе очистки может быть экономически не целесообразна.

ИЗУЧЕНИЕ АЗЕОТРОПНЫХ СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ СМЕСИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тарасова М.Н. – студент гр. ООС-21

Лазуткина Ю.С. – к.т.н., ст. преподаватель

Работа предприятий химической промышленности связана с образованием большого количества жидких токсичных отходов. В настоящее время основным способом обезвреживания таких отходов является сжигание, что приводит к загрязнению атмосферного воздуха и потере ценных компонентов. Создание малоотходных ресурсосберегающих технологий позволит уменьшить нагрузку на окружающую среду, вернуть в производство дополнительные количества сырьевых веществ и получить дополнительную экономическую прибыль.

ОАО «Алтайхимпром» (г. Яровое) является одним из ведущих предприятий химической промышленности Алтайского края и характеризуется широкой номенклатурой выпускаемой продукции. Это целый спектр минеральных и органических веществ, гербициды, лакокрасочные изделия, тормозная жидкость и целый ряд других важных продуктов, используемых в народном хозяйстве.

Целью нашей работы является разработка технологии разделения смеси растворителей, образующейся после локальной очистки сточных вод при производстве кремнийорганических эмалей на ОАО «Алтайхимпром».

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

Основным способом разделения смесей сложного состава, которые содержат органические примеси, является процесс ректификации.

Разработка технологических схем ректификации органических смесей базируется на анализе структур диаграмм фазового равновесия жидкость-пар, который назван термодинамико-топологическим анализом (ТТА), основы которого разработаны в научной школе Л.А. Серафимова и В.Т. Жарова. ТТА является областью знаний, в которой сформулированы общие законы, устанавливающие соотношения между особыми точками различных типов в диаграммах состав - свойства. В случае фазового равновесия жидкость-пар речь идет о законах формирования фазового портрета диаграмм, отражающих физико-химические свойства объектов исследования посредством термодинамико-топологических методов.

Для исходной смеси число Z возможных r -составляющих представлено в таблице 1 и может быть определено по уравнению:

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

где n – количество компонентов смеси;

r – определяемые составляющие.

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.

На первом этапе исследований были изучены основные физико-химические свойства индивидуальных компонентов разделяемой смеси, а также ее бинарных и тройных составляющих. В литературных источниках найдены данные по взаимной растворимости компонентов, азеотропии и данные по парожидкостному равновесию. В таблицах 2 и 3

представлены свойства бинарных и тройных азеотропов, которые образуются при разделении смеси растворителей.

Таблица 2 – Свойства бинарных азеотропов

Система	Температура кипения азеотропа, °С	Содержание компонента, мол. %	
		1	2
Этанол (1) – вода (2)	78,0	90,0	10,0
Вода (1) – бутанол (2)	92,6	75,5	24,5
Вода (1) – хлорбензол (2)	90,2	71,2	28,8
Вода (1) – толуол (2)	84,1	52,3	47,7
Этанол (1) – толуол (2)	76,6	80,3	19,7
Бутанол (1) – толуол (2)	105,3	32,2	67,8
Бутанол (1) – хлорбензол (2)	115,3	65,5	34,5

Таблица 3 – Свойства тройных азеотропов

Система	Температура кипения азеотропа, °С	Содержание компонента, мол. %		
		1	2	3
Этанол (1) – вода (2) – толуол (3)	74,4	39,7	32,9	2,4
Этанол (1) – вода (2) – хлорбензол (3)	77,3	16,8	78,0	5,2
Толуол (1) – бутанол (2) – хлорбензол (3)	105,0	37,8	53,8	8,4
Вода (1) – бутанол (2) – толуол (3)	82,5	60,2	11,8	27,0
Вода (1) – бутанол (2) – хлорбензол (3)	87,7	82,9	10,8	6,3

Анализ литературных данных показал, что в исходной пятикомпонентной системе образуются 7 бинарных и 5 тройных азеотропов. Отсутствующие данные по азеотропии для остальных систем необходимо исследовать экспериментально.

Таким образом, исходная смесь является полиазеотропной, разделение которой возможно только с применением специальных методов ректификации – азеотропной или экстрактивной.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ДЛЯ СИНТЕЗА СВЕТЛЫХ НЕФТЕПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ

И. А. Новосельцева, Л. И. Бондалетова
Томский политехнический университет

Решение проблемы переработки отходов промышленных предприятий – важная задача для инженеров-экологов.

Нефтеполимерные смолы (НПС) представляют собой соолигомеры непредельных соединений алифатического или ароматического ряда. НПС находят широкое применение в различных областях промышленности как заменители дорогих и дефицитных продуктов природного происхождения. НПС могут быть получены термической, каталитической и инициированной полимеризацией, но часто цвет смол, полученных каталитическим способом, не удовлетворяет требованиям заказчика.

Целью данной работы являлось получение светлой НПС из дициклопентадиеновой фракции (ДЦПДФ) в присутствии каталитической системы TiCl_4 и $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{AlCl}$ и изучение ее свойств.

Для решения поставленной задачи использовали свежеперегнанную ДЦПДФ. В качестве катализатора выбрали четыреххлористый титан (TiCl_4), каталитические комплексы на основе четыреххлористого титана и диэтилалюминий хлорида в мольном соотношении 1:0,3. Компоненты каталитического комплекса загружали последовательно: четыреххлористый титан затем диэтилалюминий хлорид (TiCl_4 – $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{AlCl}$), а так же диэтилалюминий хлорид затем четыреххлористый титан ($(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{AlCl}$ – TiCl_4). Полимеризацию проводили при 0 и 18 °С и исследовали зависимости выхода НПС от продолжительности реакции (рис 1).

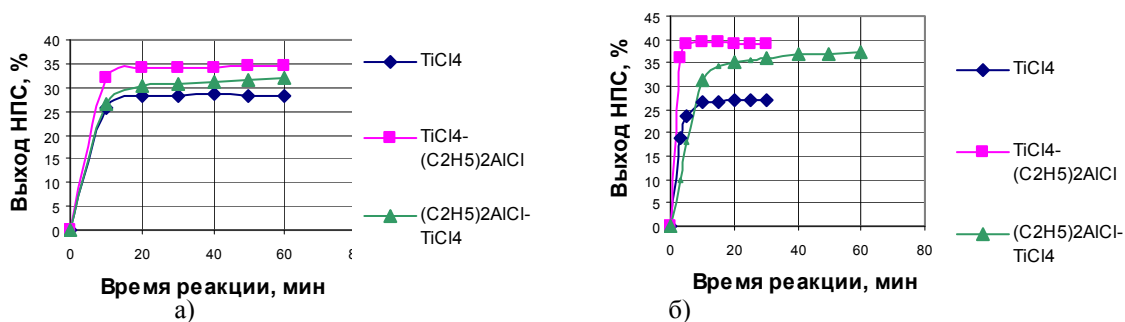


Рис 1. Зависимость выхода НПС от времени полимеризации:
а) при температуре 0 °С; б) при температуре 18 °С

Результаты исследования показывают, что повышение температуры процесса приводит к снижению продолжительности реакции. Установили, что выход смол достигает 30-40 % за 5-30 мин. При этом увеличение температуры и использование каталитических комплексов по сравнению с TiCl_4 приводит к увеличению выхода. НПС, полученные с использованием каталитической системы $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{AlCl-TiCl}_4$ имеют хорошие прикладные характеристики: они светлые ($50 \text{ мг I}_2/100 \text{ см}^3$), обладают высокой эластичностью (менее 1 мм) и хорошими адгезионными свойствами (1 балл).

Таким образом, использование свежеперегнанной ДЦПДФ позволяет получить светлые НПС.

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ФИЛЬТРОВАНИЯ НА СВОБОДНО – РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЗАГРУЗКЕ ИЗ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН

Крутова М.А. – студент группы ООС-11

Гурова О.С. – студент группы ООС-21

Лебедев И.А. - аспирант

Источниками водоснабжения в большинстве регионов страны являются поверхностные воды рек и озер, на долю которых приходится 65 - 68 % от общего объема водозабора [1]. В поверхностных водах наряду с природной составляющей все в большем количестве присутствуют техногенные загрязнения. Состав таких вод зависит от многих факторов: времени года, количества осадков, наличия притоков, режима работы промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Наблюдаемое в последние годы повсеместное загрязнение примесями антропогенного и техногенного происхождения обусловлено поступлением в них неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод, хозяйственно - бытовых и промышленных, а также талых и ливневых вод с водосборов. Большую долю загрязнений поверхностных вод составляют взвешенные вещества. Они ухудшают качество воды, а также неблагоприятно сказываются на режиме перемещения потока, материале трубопроводов приводя к их заиливанию [2].

Основную массу взвешенных веществ можно эффективно удалять в сооружениях для отстаивания, оставшиеся загрязнения требуют более тонкой очистки. Фильтрация является наиболее распространенным методом очистки от мелкодиспергированных взвесей [3].

Применяемые на сегодняшний день в российской практике водоочистки традиционные материалы характеризуются большим удельным весом, значительным гидравлическим сопротивлением, приводящим к большим затратам энергии, а также эксплуатационными затратами. А в ряде случаев они не способны обеспечивать требуемый эффект очистки. В связи с этим, интенсификация процесса очистки невозможна без использования новых фильтровальных материалов, пригодных к внедрению в технологические схемы производства. В качестве таких материалов могут применяться переработанные отходы термопластов, целлюлозы, текстильных материалов, стеклокремнезист, полимерные и минеральные волокна и др.

Нами изучались фильтровальные свойства минеральных базальтовых волокон (воздушного и промасленного) с целью использования их для очистки воды от взвесей.

Базальтовое волокно используется преимущественно как изоляционный материал. Оно не гниет, не выделяет токсичных веществ в воздушной и водной среде, негорюче, невзрывоопасно, не образует вредных соединений с другими веществами, имеет неограниченный срок годности [4].

Эксперименты проводились на модельном растворе. Для его приготовления в качестве взвешенных веществ был использован тонко измельченный мел. Такой выбор обусловлен следующими причинами: во-первых, система мел-вода наиболее приближена к реальной смеси по дисперсности частиц твердого вещества, а во-вторых, мел, как было определено нами, можно использовать как реагент при калориметрическом методе анализа. Этот метод позволяет количественно анализировать содержание взвешенных веществ в воде. В основу положена цветная реакция между трехвалентным комплексом железа и ацетат-ионами. При добавлении к анализируемой пробе (объемом 100 мл) 5 мл 10%-ной уксусной кислоты протекает реакция образования ацетат-ионов (выделяется углекислый газ) и, в результате, в системе мел-уксусная кислота достигается динамическое равновесие. К системе добавляют 1 мл 20 %-ого раствора хлорида железа. Несвязанный ацетат-ион, находящийся в растворе, участвует в образовании комплекса с хлоридом железа, окраска которого прямо пропорциональна концентрации ионов кальция. Метод является достаточно точным и экспрессным.

Одной из основных целей проведения исследований является поиск таких материалов, которые обладают невысоким гидравлическим сопротивлением. Ранее на кафедре химической техники и инженерной экологии АлтГТУ им. И.И. Ползунова проводились исследования по очистке воды от взвешенных веществ на плотной загрузке ($\rho = 150 - 250 \text{ кг/м}^3$). Однако в этом случае процесс характеризовался резко возрастающим гидравлическим сопротивлением. Поэтому волокно перед загрузкой в фильтровальную колонку было решено подвергнуть стадии предварительной подготовки. Она заключалась в деструктуризации волокна, то есть волокна подвергались механическому разрушению их структуры в небольшом объеме воды. Полученная преобразованная загрузка, названная свободно-распределенной, отличается от плотной укладки значительно меньшей плотностью ($\rho = 50 - 70 \text{ кг/м}^3$) [5]. При этом она создает незначительное сопротивление, что позволяет создавать высокий слой материала, через который осуществляется фильтрация. Благодаря своей структуре свободно-распределенная загрузка способна улавливать загрязнения всем объемом, вследствие чего повышается коэффициент использования материала.

В данной работе эксперименты проводили на уплотненной свободно - распределенной загрузке ($\rho = 100 \text{ кг/м}^3$). Масса загрузки составляла 2 г. Скорость фильтрования поддерживали постоянной - 10 м/ч. Фильтрованию через колонку диаметром 28 мм подвергался модельный раствор. Диапазон исходной концентрации взвесей составлял 100 - 200 мг/л.

По мере проведения процесса постоянно фиксировались следующие параметры: потерянный напор на фильтре, начальная и конечная концентрации взвесей и продолжительность процесса фильтрования.

На рисунке 1 представлена зависимость эффекта очистки $\mathcal{E}$ от удельного объема $V_{уд}$ (количество очищенной воды, приходящееся на единицу массы загрузки) и продолжительности процесса T .



Рисунок 1 - Зависимость эффекта очистки (Э) от удельного объема смеси ($V_{уд}$) и времени фильтрования (Т)

На рисунке 2 изображена зависимость потерянного напора на фильтре ΔP от удельного объема смеси $V_{уд}$ и времени фильтрования Т.



Рисунок 2 - Зависимость потерянного напора на фильтре (ΔP) от удельного объема смеси ($V_{уд}$) и времени фильтрования (Т)

Из полученных зависимостей можно сделать несколько выводов. Промасленное волокно обладает большим эффектом очистки, чем воздушное. При этом сопротивление на промасленном волокне выше, чем на воздушном. Также необходимо отметить постоянный рост потерянного напора. Однако после очистки определенного объема воды наблюдается его снижение. Это происходит вследствие вымывания взвешенных частиц из загрузки и снижением сопротивления на фильтре. Колебание эффекта очистки ($\mathcal{E} = 60 - 90 \%$) можно объяснить периодичностью проведения процесса: во время простоя фильтра загрузка

претерпевала определенные изменения, в частности, фронт загрязнений перераспределялся внутри фильтрующего материала. Время фильтроцикла удалось установить лишь для воздушного волокна (9 часов), на промасленном волокне это сделать невозможно из-за снижения заданной скорости.

Литература

1. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования – М.: ДеЛи принт, 2004. – 301 с.
2. Молоков М.В., Шифрин В.Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок. М.: Сройиздат, 1977 – 104 с.
3. Николадзе Г.Н., Кастальский А.А., Минц М.Н. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. – М., 1984 – 293 с.
4. Вата и материалы из БСТВ: Гигиенический сертификат № 3464-К // Завод минерального волокна.- 1997.
5. Лебедев И.А., Сомин В.А., Комарова Л.Ф. Разработка технологии водоочистки о взвесей фильтрованием на минеральных волокнах // Ползуновский альманах - 2005, №3. – С. 43 – 45.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ ИОДОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ – РЕАКЦИИ В ВОДЕ И ТВЕРДОЙ ФАЗЕ

Горлушко Д.А., Семенищева Н.И., Третьяков А.Н.
Томский политехнический университет

Иодсодержащие соединения являются незаменимыми строительными блоками в органическом синтезе, а отдельные их представители являются важными лекарственными соединениями и диагностикумами [1]. Поэтому поиск новых реагентов и оптимизация существующих методов получения иодидов остается актуальной задачей.

Генеральной тенденцией современного органического синтеза является разработка экономичных, высокотехнологичных и экологически безопасных методов и создание на их основе новых, прогрессивных технологий получения органических субстратов. Одно из перспективных направлений в этой области - проведение реакций без участия растворителя [2].

Целью данной работы является разработка препаративных методов синтеза иодсодержащих соединений в воде и твердой фазе, отвечающих современным требованиям к органическому синтезу.

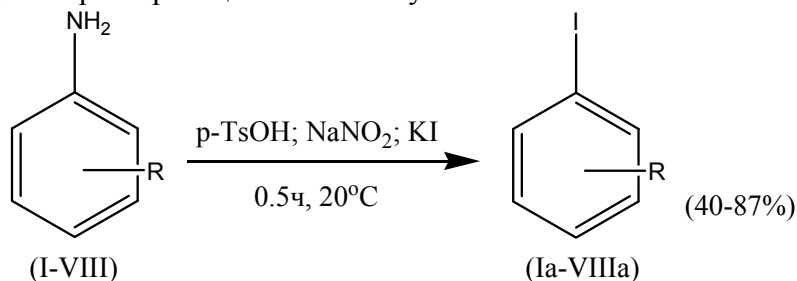
Мы впервые исследовали общие закономерности реакций таких известных реагентов электрофильного иодирования как иод, ICl , Me_4NICH_2 , Et_4NICH_2 , N-иодсукцинимид (NIS) [3], I_2 /фенилиодозоацетат (ФИА) [4] в отсутствие растворителя при комнатной температуре в условиях механохимической активации. Механическая активация достигалась растиранием реагентов в агатовой ступке. В качестве субстратов были выбраны вещества, для которых результаты жидкофазного иодирования теми же реагентами хорошо изучены - фенол, дурол, дифенил, карбазол, антрацен, анизол, нитротолуол, нитробензол, ацетанилид, нафталин, дифениловый эфир, флуорен.

Альтернативным методом получения арилиодидов является, как известно, иодирование через диазотирование ароматических аминов. Реакции диазотирования с последующим превращением диазониевых солей являются одними из наиболее широко используемых реакций в органическом синтезе. Как правило, эти реакции проводят в водных растворах минеральных кислот при охлаждении.

Стремление соответствовать требованиям “Green Chemistry” привело нас к тому, что в качестве реакционной среды мы использовали воду. В качестве модельных субстратов были выбраны антраниловая кислота (I) и *p*-нитроанилин (II). Реакция протекала в воде при комнатной температуре с использованием в качестве кислоты *p*-TsOH и NaHSO_4 . В результате реакции иоддезаминирования, протекающей за 4 часа была получена *o*-

иодбензойная кислота (Ia) с выходами 60,5% и 70,6% соответственно. Продукт реакции *p*-иоднитробензола (IIa) был выделен через 20 минут с выходом 95 %.

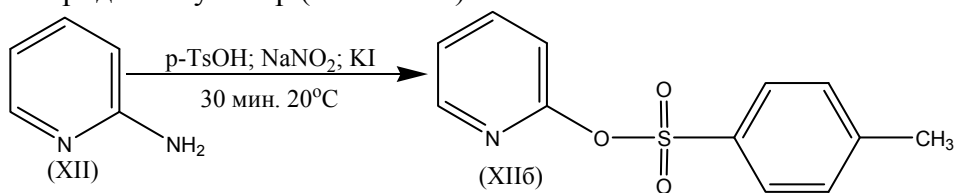
Мы впервые показали возможность замещения аминогруппы на иод в условиях диазотирования в одну стадию при механической активации реагентов. При растирании в агатовой ступке ароматического амина (ArNH_2), *p*-толуолсульфокислоты и нитрита натрия с небольшим количеством воды при комнатной температуре происходит диазотирование. К образующейся в виде пасты соли диазония прибавляется иодистый калий и продолжается растирание. Суммарное время реакции 20-30 минут.



Где R = *o*-COOH (I), *n*-NO₂ (II), *n*-OMe (III), *n*-I (IV), *o*-COMe (V), *o*-COMe (VI), 2,4,6-Cl (VII), 2,4-NO₂ (VIII).

Реакция эффективно ускоряется добавками микроколичеств воды, которая к тому же обеспечивает безопасность процесса, хотя, следует отметить, что арилдиазоний сульфаты и сами по себе не обладают взрывчатыми свойствами.

Поведение аминопиридинов в исследуемой реакции резко отличается от других исследуемых аминов. 2-, 3- и 4-аминопиридины (XII-XIV) образуют не соответствующие иодиды, а тозилпиридины PyOTs-*p* (XIIб-XIVб).



В ряде случаев вместо *p*-толуолсульфокислоты удастся использовать более доступный и дешевый реагент – гидросульфат натрия ($\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) с почти такими же выходами целевых арилиодидов (таблица 1).

Таблица 1

Субстрат	Продукт	В ыход, %
<i>n</i> -нитроанилин (II)	<i>n</i> -иоднитробензол (IIa)	68
<i>o</i> -нитроанилин (IX)	<i>o</i> -иоднитробензол (IXa)	68
<i>n</i> -амиоацетофенон (IV)	<i>n</i> -иодацетофенон (IVa)	75
Антраниловая к-та (I)	<i>o</i> -иодбензойная к-та (Ia)	80
<i>o</i> -иоданилин (X)	<i>o</i> -дииодбензол (Xa)	67
5-амиоурацил (XI)	5-иодурацил (XIa)	38
<i>o</i> -амиоацетофенон (V)	<i>o</i> -иодацетофенон (Va)	83
2,4,6-трихлоранилин (VII)	2,4,6-трихлорйодбензол (VIIa)	15

Изучается природа диазотирующих агентов, образующихся в ходе реакций, и исследуются возможности хлорирования и бромирования с использованием данного метода.

Таким образом, нами предложена новая прогрессивная методология иодирования аренов, которая отвечает современным требованиям к органическому синтезу и “green-chemistry”.

Список литературы:

1. Yu S-B, Watson A.D. *Chem.Rev.* 1999, 99, 2353; Dewanjee M.K. *Radioiodination: Theory, Practice and Biomedical Applications*. Boston, etc: Kluwer Academic Publishers, 1992, 118.
2. Л.М. Кустов, И.П. Белецкая, *Рос. хим. ж.*, 2004, 6, 3.
3. Краснокутская Е.А., Филимонов В.Д., Лесина Ю.А., Горлушко Д.А.. *ЖОрХ*, 2005, 6, 876.
4. Краснокутская Е.А., М.Е. Трусова, В.Д. Филимонов. *ЖОрХ*, 2005, 12, 1788.

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ОКИСЛИТЕЛЬНОГО МЕТОДА ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О.В. Грищенко, ассистент каф ТООС
Научный руководитель В.Т.Новиков, доцент, к.х.н.
Томский политехнический университет

Вторичное использование отходов промышленности является экономически наиболее предпочтительным вариантом их утилизации, что практически невозможно в фармацевтической промышленности. Производство, транспортировка, использование лекарственных препаратов и биологически активных веществ сопряжено с проблемой образования значительного количества токсичных отходов (бракованные и конфискованные партии лекарств, запрещенные к применению или с истекшим сроком годности препараты, сточные воды фармацевтических предприятий). В их состав входят вещества, способные даже при низких концентрациях (мкг/л) оказывать негативное воздействие на объекты окружающей среды (ОС) и здоровье человека, в силу своей высокой биологической активности, липофильности и низкой способностью к биодеструкции [1]. Наиболее часто в ОС отмечается присутствие противовоспалительных и обезболивающих препаратов – антибиотиков, являющихся биоцидами; лекарств, снижающих содержание холестерина, а также половых гормонов. Чтобы исключить негативные последствия их воздействия необходимо обезвреживать подобные отходы.

Одним из эффективных методов является не прямое электрохимическое окисление, ранее успешно применявшееся для обезвреживания пестицидов, фенолов и красителей [2]. Окисление проводится при мягких условиях в среде активированных растворов серной кислоты при пропускании постоянного электрического тока. При этом выделяются следующие окислители: кислород, озон, перекись водорода, надсерная и мононадсерная кислоты, выход которых можно регулировать путем варьирования следующими технологическими параметрами: концентрация электролита, температура электролиза, плотность тока [3]. Для интенсификации процесса окислительной деструкции может использоваться дополнительное введение в окислительную систему кислорода, озона, пероксида водорода, перманганатов, бихроматов, персульфатов, а также ионов металлов с переходной валентностью; УФ–облучение позволяет повысить скорость окисления органических веществ.

Целью данной работы являлось исследование возможности процесса деструктивного разложения фармацевтических препаратов методом непрямого электрохимического окисления; и определение промежуточных продуктов, образующихся в ходе процесса. В качестве объектов исследования были выбраны салициловая, 3,5-дибромсалициловая и 5-нитросалициловая кислоты.

Препараты на их основе производятся в значительных масштабах (например, только в США объемы производства аспирина составляют более 15 тысяч тонн в год) при производстве лекарственных средств (жаропонижающих, противовоспалительных, обезболивающих, антигельминтных и др.). В настоящее время патентуются водноспиртовые растворы, лосьоны, кремы, гели, эмульсии и другие наружные препараты, используемые в качестве лекарств и косметических препаратов для предотвращения или разглаживания морщин, лечения атрофии кожи и других заболеваний (акне, себорея, псориаз,

гиперпигментация, а также для обновления кожи лица) [4]. Салициловый спирт лечит кожные воспалительные процессы и прекрасно расщепляет сальный секрет кожи, способствуя удалению ее мертвых клеток и стимулируя рост новых, обладает бактерицидными свойствами. Следует отметить, что салициловая кислота и ее производные также входят в состав регуляторов роста растений [5]; и достаточно успешно используются в качестве реагентов в физико-химических методах анализа.

Проведенные ранее исследования показали, что при соблюдении следующих условий процесса: плотности тока – $0,58 \text{ A/cm}^2$, температуре – 50°C , концентрации серной кислоты – 40% (масс.), наблюдается максимальный суммарный выход комплекса окислителей [6] непосредственно участвующего в разложении органических фрагментов. Основным аппаратом установки деструктивного обезвреживания отходов, состоящей из источника постоянного тока, вольтметра, амперметра и реостата для регулирования приложенного напряжения, является бездиафрагменный электролизер со свинцовыми электродами, снабженный рубашкой. Отсутствие диафрагмы позволяет осуществлять одновременно в одном реакционном объеме синтез окислителей и деструкцию органических веществ, как химическую, так и электрохимическую, что увеличивает эффективность окисления.

За ходом процесса следили, проводя спектрофотометрические измерения (в УФ и видимой области). Разложение органического углерода отслеживали посредством определения бихроматной окисляемости; промежуточные продукты определяли методом тонкослойной

хроматографии (ТСХ).

Данные, полученные в результате спектрофотометрического анализа проб в УФ-области (рис.1), показали, что в ходе процесса наблюдается деструкция ароматических углеводородов, которая протекает с разрывом сопряженных систем. Специфический характер ароматической сопряженной системы вызывает появление полос поглощения в области высокой интенсивности $\lambda=210 \text{ нм}$. Колебания при данной длине волны

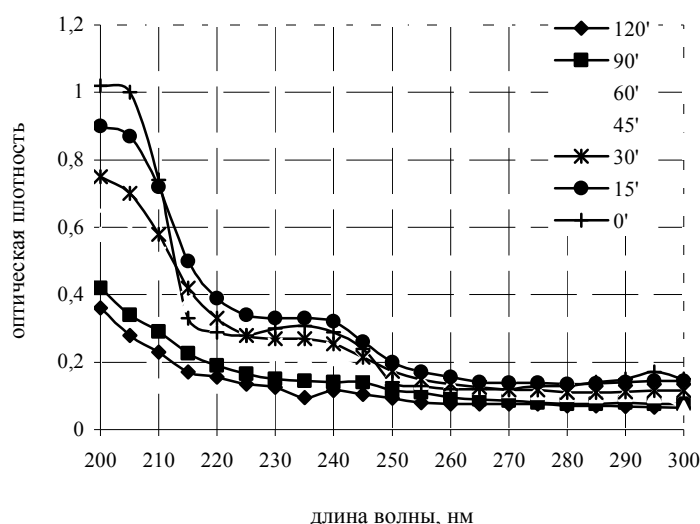


Рисунок 1 - Зависимость оптической плотности салициловой кислоты от длины волны в УФ – области

соответствуют $\pi-\pi^*$ -переходу в бензольном кольце. В результате протекания химических реакций окисления салициловой кислоты и ее производных интенсивность поглощения при 210 нм со временем уменьшается. Это позволяет утверждать о том, что происходит деструкция структуры ароматического кольца. В результате образуются промежуточные, более простые и легко окисляемые органические соединения, которые в дальнейшем подвергаются глубокому окислению с образованием CO_2 и H_2O . Окисление 3,5-дибромсалициловой и 5-нитросалициловой кислоты протекает по аналогичному механизму.

Результаты, полученные в видимой области $\lambda_{\text{max}} = 350, 420 \text{ нм}$ (рис.2) показали, что в первые 15-30 минут наблюдается некоторое увеличение оптической плотности раствора, что можно объяснить растворением органических веществ и их переходом в объем электролита. Далее значения оптической плотности равномерно уменьшаются и максимумы поглощения сглаживаются, что свидетельствует о разложении соединений, придающих в сернокислой

среде окраску раствору. Таким образом, по истечении порядка 120–150 минут процесса отмечается полное обесцвечивание раствора.

Данные по определению бихроматной окисляемости свидетельствуют об уменьшении содержания органического углерода по истечении 60 минут процесса в среднем на 80-90%. С помощью регрессионного анализа данных (пакет анализа Microsoft Office Excel 2003) был определен порядок реакций окисления органических веществ — первый и их константы скорости.

Что касается анализа, промежуточных продуктов, то методом ТСХ было доказано, что одной из вероятных реакций – сульфирования салициловой кислоты не происходит, даже по истечении 150 мин процесса при 50°C (для анализа использовали пластины "Силуфол – УФ", в качестве подвижной фазы была выбрана смесь этилацетат–ацетон (10:1); проявление компонентов осуществляли опрыскиванием пластин 5% раствором хлорного железа); причем непосредственно сама салициловая кислота перестает обнаруживаться уже по истечении 10 – 20 минут процесса. Также среди продуктов неполного окисления были обнаружены винная,

щавелевая, адипиновая и уксусная кислоты. Их проявление осуществляли аналогично определению салициловой кислоты, с предварительной обработкой пластин 20% раствором едкого натра.

Таким образом, в процессе непрямого электрохимического окисления салициловой кислоты и ее производных, происходит деструкция структуры ароматического кольца, в результате чего образуются промежуточные, более простые и легко окисляемые органические соединения (альдегиды, карбоновые

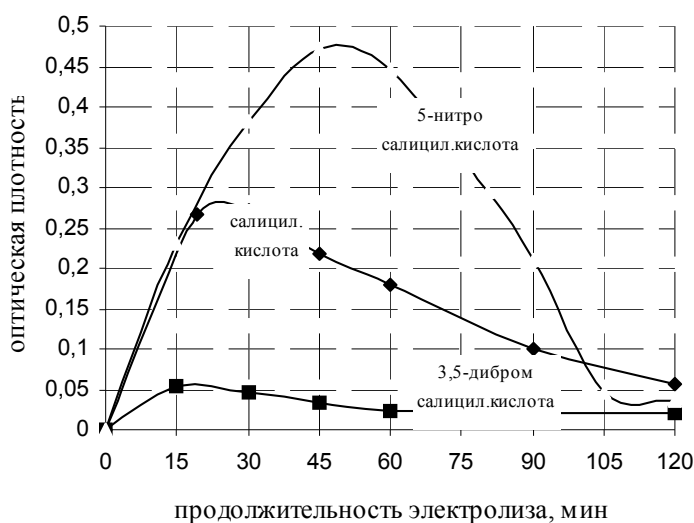


Рисунок 2 - Зависимость оптической плотности окисляемых веществ от времени электролиза при $\lambda = 420$ нм.

кислоты), которые в дальнейшем подвергаются глубокому окислению с образованием диоксида углерода и воды.

Литература

1. Latch Douglas E., Stender Brian L. // Environ. Sci. and Technol. 2003. Т.37. № 15. С. 3342-3350
2. Ивасенко В.Л., Новиков В.Т., Волгина Т.Н. // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2002. Т.45. Вып.3. С.59 – 63
3. Позин М.Е. Перекись водорода и перекисные соединения. - Л.: Ленгосхимиздат, 1951. 475с.
4. Griat Jacqueline, Picard Elisabeth // Заявка 2714831. Франция, МПК 6 А 61 К 35/78, 9/107. L'Oreal. N 9400175
5. Rheinheimer Joachim, Vogelbacher Uwe Josef, Walter Helmut // Заявка 19536811. Германия, МПК 6 С 07 F 7/22, А 01 N 55/04. BASF AG. N 19536811.8
6. Волгина Т.Н., Новиков В.Т., Грищенкова О.В. // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2005. Т.48. Вып.2. С.58-60.

N-ИОДАЦЕТАМИД – ЭФФЕКТИВНЫЙ И УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИОДИРУЮЩИЙ РЕАГЕНТ

Функ А.А., Мартынюк О.А.

Томский политехнический университет

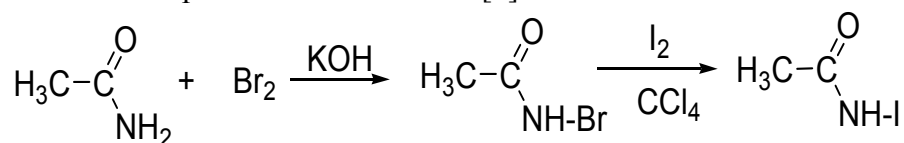
Иодорганические соединения находят широкое применение в медицине как противовирусные, противомикробные, сердечно-сосудистые, противоопухолевые препараты, средства, стимулирующие и ингибирующие работу щитовидной железы, рентгеноконтрастные и радиоконтрастные вещества. Кроме того, они являются незаменимыми строительными блоками в органическом синтезе, т.к. связь C–I значительно более подвижна, чем связи C–Br и C–Cl. В последнее время широко развивается химия поливалентных соединений иода, которые представляют особый интерес в органическом синтезе.

В настоящее время появился достаточно широкий круг реагентов, способных иодировать различные ароматические субстраты. Ряд методов основан на генерации иодирующей электрофильной частицы из молекулярного иода в присутствии различных окислителей. Набор применяемых окислителей очень широк. Чаще всего используют смесь серной и азотной кислот (метод Тронова-Новикова), иодную и иодноватую кислоты, перманганат калия и другие. Другие же методы предполагают использование соединений, в которых иод несет частичный положительный заряд. К таким соединениям относят соединения со связью N–I, O–I, Cl–I. Так иодирование посредством N–иодсукцинимиды, впервые было осуществлено в 1893 г Селивановым, который проиодировал ацетанилид до *n*-иодацетанилида [1].

Недавно был получен новый суперэлектрофильный иодирующий реагент со связью N–I. Это представитель класса бициклических мочевины: 2,4,6,8-тетраиод-2,4,6,8-тетраазабицикло[3.3.0]октан-3,7-дион. Данный реагент в сернокислотном растворе проявляет высокую активность и способен иодировать широкий круг ароматических субстратов [2]. Также применяются в качестве иодирующих реагентов 1,3-дииод-5,5-диметилгидантоин [3] и N–иодсахарин [4].

Целью данной работы было проверить иодирующие способности N–иодацетамида.

N-иодацетамид (NIA) был синтезирован из ацетамида через бромпроизводное с последующим замещением брома на иод по схеме [5]:



В качестве субстратов для иодирования были выбраны арены, как с электронодонорными так и с электроноакцепторными группами. Для иодирования активированных аренов (таблица 1) использовали NIA и систему растворителей CH₃COOH–H₂SO₄, для дезактивированных аренов (таблица 2) NIA и H₂SO₄. Выходы иодсодержащих продуктов и время синтеза приведены в таблицах 1,2.

Таблица 1. Результаты иодирования активированных ароматических субстратов с использованием NIA при 20 °С.

Субстрат	Продукт	Выход, %	Время (мин)
Дурол	Иоддурол	58	30
Мезитилен	Иодмезитилен	50	30

Флуорен	2,7-Диодфлуорен	72	30
Дифенил	4,4'-Диоддифенил	53	30
Ацетанилид	4-Иодацетанилид	83	30
<i>n</i> -Ксилол	2,5-Диод-1,4-диметилбензол	77	30

Таблица 2. Результаты иодирования дезактивированных ароматических субстратов с использованием NIA при 0 °С.

Субстрат	Продукт	Выход, %	Время (мин)
Нитробензол	3-Иоднитробензол	75	60
4-Нитротолуол	2-Иод-4-нитротолуол	40	60
Бензойная кислота	3-Иодбензойная кислота	85	60
4-Фторбензойная кислота	3-Иод-4-фторбензойная кислота	78	90
Бензальдегид	3-Иодбензальдегид	65	30
Бензофенон	3,3'-Диодбензофенон	63	30
Флуоренон	2,7-Диодфлуоренон	67	60

Из полученных экспериментальных результатов можно сделать вывод, что N-иодацетамид является активным и универсальным иодирующим реагентом. В растворах серной кислоты он демонстрирует повышенную электрофильную активность и иодирует арены с электроноакцепторными заместителями при 0 °С, а в системе CH₃COOH–H₂SO₄ легко при комнатной температуре образует иодпроизводные алкилбензолов, ариламинов и других соединений с повышенной электронной плотностью в бензольном кольце.

Список литературы:

1. Seliwanow Th. // Chem. Ber. - 1893. - Bd. 26.- s. 423-426.
2. Chaikovski V.K., Filimonov V.D., Yagovkin A.Y., Kharlova T.S. // Tetrahedron Lett. –2000. - v. 41. -№ 47. -p. 9101-9104.
3. Orazi O.O., Corral R.A., Bertorello H.E. N-Iodohydantoins. II. // J. Org. Chem. –1963. - v. 28. -p. 1101 – 1104.
4. Dolenc D. N-Iodosaccharin // Synlett. – 2000. –№ 4. -p. 544-546.
5. Gottardi W. //Monatsh Chem. 1975, V. 106, N 4, P.1019-1025.

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ

Т. Н. Волгина, А. А. Межов

Проблема переработки и обезвреживания сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ), в том числе и пестицидов, в России, да и вообще в мире, стоит очень остро. На территории РФ в отвалах и хранилищах собрано свыше 14 тыс. т некондиционных

пестицидов из них около 200 т – это высокотоксичные ртутьорганические препараты, такие как гранозан и фенилмеркурацетат, которые относятся к первому классу опасности [1]. Эти препараты широко применялись в сельском хозяйстве в качестве фунгицидов и дезинфицирующих средств, однако из-за своей высокой токсичности не только для возбудителей болезней растений, но и для всех теплокровных животных, а так же и для человека, в ряде стран их применение было резко ограничено. В результате чего за несколько десятилетий на складах накопился большой объем невостребованных ртутьсодержащих пестицидов, которые необходимо обезвреживать.

На сегодняшний день для уничтожения пестицидов реализуются технологии: захоронения, сжигания и плазмохимического разрушения [2,3].

Захоронение – один из основных и самых недорогих способов утилизации ртутьорганических пестицидов (себестоимость метода составляет 60 рублей за 1 кг СДЯВ). Однако, метод захоронения – это отложенная проблема по решению обезвреживания токсичных отходов на Земле, имеющий следующие недостатки: изъятие земельных площадей из оборота; дорогостоящие мероприятия по проведению мониторинга окружающей среды на объектах размещения отходов; возможность протекания неконтролируемых химических реакций в массе отходов, которые могут привести к чрезвычайным ситуациям; устойчивое загрязнение почвы в местах захоронения.

Сжигание – наиболее эффективный, а часто и единственно возможный термический метод обезвреживания многих пестицидов. Особо токсичные и канцерогенные пестициды, на которые установлены жесткие нормы ПДК в воздухе, воде, почве, могут подвергаться обезвреживанию в плазме. Однако, данные технологии также представляют некоторые трудности – это выбор условий для обезвреживания смеси СДЯВ неизвестного состава; образование большого количества газообразных веществ, которые необходимо подвергать дополнительной очистке и охлаждению; при уничтожении ртутьорганических пестицидов возникают проблемы улавливания паров ртути в газообразных продуктах; сложность технологического оформления.

Поэтому в настоящее время все актуальнее становится необходимость разработки экологически безопасных технологий и оборудования для обезвреживания и переработки некондиционных металлоорганических пестицидов.

Нами разработан новый способ жидкофазного обезвреживания некондиционных пестицидов металлоорганического ряда [4]. Процесс осуществляют окислительной системой, генерируемой при атмосферном давлении и температуре от 20÷50 °С при прохождении постоянного электрического тока через 40 % (масс.) раствор серной кислоты. Органические фрагменты пестицида разрушаются в результате реакций, протекающих как в объеме электролита, так и на электродах. Ионы металла, образующиеся в процессе деструкции пестицида, восстанавливаются до нулевой валентности и адсорбируются материалом катода.

Нами проведены исследования по выбору конструкции основного аппарата, которым является бездиафрагменный электролизер. Подобран материал электродов, в качестве катода выступает свинец, а анода диоксид свинца (формирующийся непосредственно при электролизе серной кислоты). Для ускорения процесса деструкции и предотвращения образования застойных зон предусмотрено интенсивное перемешивание.

С учетом особенностей данного метода была смоделирована принципиальная технологическая схема процесса обезвреживания металлоорганических пестицидов (рис. 1).

В емкость *EI* при перемешивании, подается концентрированная серная кислота и вода, в количествах необходимых для приготовления 40 % раствора кислоты. Выделяющееся тепло реакции растворения кислоты в воде отводят посредством рубашки.

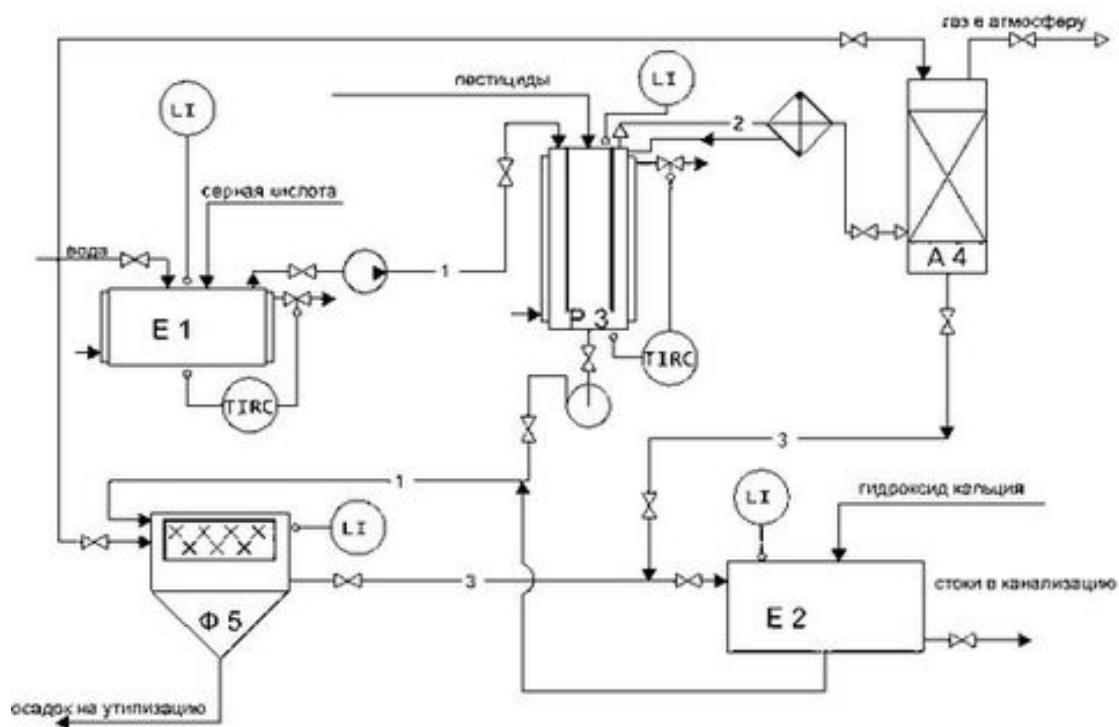


Рисунок 1. Принципиальная технологическая схема обезвреживания металлоорганических пестицидов

Далее кислота охлажденная до температуры $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ поступает в реактор окисления периодического действия $P3$ (электролизер), снабженного рубашкой для охлаждения, куда при перемешивании добавляют пестицид. Полученную суспензию подвергают электроокислению при температуре $50\div 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ и плотности тока $0,5\div 1\text{ А/см}^2$ в течении времени необходимого для достижения уровня ПДК для сточных вод по содержанию ионов тяжелых металлов и органического углерода в отработанном электролите. Выделяющиеся газообразные продукты реакции, пройдя стадию адсорбционной очистки на активированном угле в аппарате $A4$, направляются в атмосферу. По окончании процесса суспензию из реактора $P3$ и промывные воды со стадии фильтрации и адсорбции подают в емкость с гидроксидом кальция $E2$ для нейтрализации. Далее, суспензию направляют на фильтр $\Phi 5$, имеющий гибкую неметаллическую перегородку, изготовленную из синтетических тканей с высокой термической и механической прочностью к агрессивным средам. Полученный фильтрат сливают в канализацию, а осадок отправляют на утилизацию. Металлическую ртуть с поверхности катода удаляют путем растворения в слабом растворе азотной кислоты.

Данная технология обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими: конечными продуктами процесса являются малотоксичные органические соединения, углекислый газ и вода; возможность выделения ионов металла на катоде; возможность обезвреживания смесей неизвестного состава; процесс ведут при низкой температуре и атмосферном давлении; окисляемые вещества, в аппарате могут находиться в виде раствора, эмульсии или суспензии; присутствие грунта и почвы не оказывает влияние на процесс деструкции СДЯВ; простота технологического оформления и обслуживания; установка по обезвреживанию может быть выполнена в мобильном варианте.

Литература

1. Шуляковский Г.М., Бобров Н.Г., Климов О.М. Проблемы загрязнения окружающей среды ртутьсодержащими отходами и пути их решения // Тез. Докл. Всерос. н-пр. конф. «оптимизация обращения с отходами производств и потребления». Ярославль, 6-7 декабря, 2000 г.

2. Рекомендации по подготовке запрещенных и непригодных к использованию пестицидов к обезвреживанию и захоронению, Мин-во сельского хозяйства и продовольствия РФ, Рязань, 1997.
3. Халтурин В.Г., Вайсман Я.И., Петров В.Ю., Коротаев В.Н., Капманов В.В., Гыйбадуллин Н.Ш., Селиванова И.А. Плазмохимическая утилизация химического оружия // Экология и промышленность России. - 1999. – сент. – с. 24-27, 48-49.
4. Ивасенко В.Л., Катюхин В.Е., Волгина Т.Н.. Способ окислительного жидкофазного обезвреживания пестицидов металлоорганического ряда. Патент № 2173194 от 10.09.2001.