

**Государственное профессиональное образовательное учреждение Тульской области «Тульский государственный машиностроительный колледж имени Никиты Демидова»
(структурное подразделение Детский технопарк «Кванториум»)**

«НОБЕЛЕВСКИЕ НАДЕЖДЫ КНИТУ – 2020»

Номинация «Новые способы, аппараты и высокоэффективные катализаторы для решения экологических проблем»

Научно – исследовательская работа
«Эффективные способы и аппараты очистки отходящих газов от паров токсичных веществ»

Выполнили:

Смирнова Елизавета Александровна, ученица 7В класса, МБОУ «ЦО №27»
г. Тулы;

Панарин Артемий Владиславович, ученик 6А класса, МБОУ «ЦО №31» г. Тулы;
Токмачева Светлана Константиновна, ученица 7Б класса, МБОУ «ЦО №22-
Лицей искусств» г. Тулы;

Фирсанов Виталий Павлович, ученик 6Б класса, МБОУ ЦО №58 «Поколение будущего» г. Тулы

Руководитель:

педагог дополнительного образования,
Лазарева Анастасия Рамильевна

Тула, 2020

Введение

Одним из следствий антропогенного и техногенного влияния на окружающую среду в настоящее время является резкое ухудшение состояния атмосферного воздуха. В атмосферу ежегодно выбрасывается более 200 млн.т диоксида углерода, 146 млн.т диоксида серы, 53 млн.т окислов азота, 50 млн.т углеводородов и других химических веществ и соединений. Особенно высокая концентрация токсичных веществ отмечается вблизи химических и нефтехимических предприятий, в местах добычи нефти. В местах бурения геологоразведочных и эксплуатационных скважин в атмосферу поступают выбросы газов и продуктов сгорания при работе двигателей и испарении легколетучих веществ.

Наиболее эффективным способом защиты атмосферного воздуха от загрязнений является использование малоотходных ресурсо- и энергосберегающих технологий с замкнутыми производственными циклами, исключающими или резко снижающими выброс вредных веществ в окружающую среду. Однако, разработать и внедрить малоотходные технологические процессы, обеспечивающие полную комплексную очистку вредных технологических выбросов в атмосферу, достаточно сложно. Поэтому в настоящее время одной из основных задач, имеющей экономическое, экологическое и технологическое значение, является разработка и внедрение эффективных систем очистки газов [10]. Во многих отраслях промышленности газоочистительная аппаратура совместно с другим технологическим оборудованием обеспечивает малоотходное производство.

Цель работы: создание аппарата очистки отходящих газов от паров токсичных веществ с использованием наноглины (иск.монтмориллонита).

Задачи:

1. изучение базовой теоретической информации по данной теме;
2. создание наноглины (иск.монтмориллонита);
3. создание экспериментальной модели аппарата очистки отходящих газов;
4. проведение лабораторных экспериментов.

Методы исследования:

1. Эмпирические (анализ источников информации, наблюдение, эксперимент);
2. Теоретические (анализ и синтез, моделирование).

Теоретическая часть.

Для обезвреживания отходящих газов от газообразных и парообразных токсичных веществ применяют методы: абсорбции (физической и хемосорбции), адсорбции, каталитические, термические, конденсации и компримирования.

1. Абсорбционные методы основаны на избирательной растворимости газо- и парообразных примесей в жидкости (физическая абсорбция) или на избирательном извлечении примесей химическими реакциями с активным компонентом поглотителя (хемосорбция). Абсорбционные методы характеризуются непрерывностью и универсальностью процесса, экономичностью и возможностью извлечения большого количества примесей из газов. Недостаток этого метода состоит в том, что оборудование имеет большие размеры за счет многоступенчатости цикла очистки [4].

2. Адсорбционные методы основаны на избирательном извлечении из парогазовой смеси определенных компонентов при помощи адсорбентов - твердых высокопористых материалов, обладающих развитой удельной поверхностью (отношение поверхности к массе, м²/г). Внутренняя структура наиболее распространенных на практике промышленных адсорбентов характеризуется наличием различных размеров и форм пустот или пор, среди которых различают макро-, мезо- и микропоры. Суммарный объем последних в единице массы или объема адсорбента определяет в решении задач газоочистки, как скорость (интенсивность) поглощения целевого компонента, так и адсорбционную способность твердым поглотителем этого компонента. Промышленные адсорбенты, чаще всего применяемые в газоочистке, - это активированные угли, силикагели, алюмогели, природные и синтетические цеолиты. Основные требования к промышленным сорбентам - высокая

поглощительная способность, избирательность действия (селективность), термическая устойчивость, длительная служба без изменения структуры и свойств поверхности, возможность легкой регенерации. При физической адсорбции поглощаемые молекулы газов и паров удерживаются силами Ван-дер-Ваальса, при хемосорбции - химическими силами [1].

Адсорбцию газовых примесей обычно ведут в полочных реакторах периодического действия без теплообменных устройств; адсорбент расположен на полках реактора. Достоинство адсорбционных методов очистки газов - глубокая очистка газов от токсичных примесей. Адсорбционный метод особенно рационален для удаления токсических примесей, содержащихся в малых концентрациях, то есть как завершающий этап санитарной очистки отходящих газов. Недостатки большинства адсорбционных установок – многоступенчатость очистки и неуниверсальность сорбентов [5].

3. Каталитические методы очистки газов основаны на реакциях в присутствии твердых катализаторов. В результате каталитических реакций примеси, находящиеся в газе, превращаются в другие соединения, в отличие от рассмотренных методов примеси не извлекаются из газа, а трансформируются в безвредные соединения, присутствие которых допустимо в выхлопном газе, либо в соединения, легко удаляемые из газового потока. Если образовавшиеся вещества подлежат удалению, то требуются дополнительные операции (например, извлечение жидкими или твердыми сорбентами). Очистке подвергаются газы, не содержащие пыли и каталитических ядов. Методы используются для очистки газов от оксидов азота, серы, углерода и от органических примесей. Проводят их в реакторах различной конструкции. Каталитические методы получают все большее распространение благодаря глубокой очистке газов от токсичных примесей (до 99,9%). Установки каталитической очистки просты в эксплуатации и малогабаритны. Недостаток многих процессов каталитической очистки - образование новых веществ, которые подлежат удалению из газа другими методами (абсорбция, адсорбция), что усложняет установку и снижает экономический эффект.

4. Методы конденсации и компримирования. Метод конденсации основан на уменьшении давления насыщенного пара растворителя при понижении температуры. Смесь паров растворителя с воздухом сначала охлаждают в теплообменнике, а затем конденсируют. Достоинство: простота аппаратного оформления и эксплуатации. Недостатки: высокие расходы холодильного агента, электроэнергии и низкий процент конденсации паров (выход) растворителей (70-90%). Метод компримирования основан на том же явлении, что и метод конденсации, но применительно к парам растворителей, находящимся под высоким давлением. Метод компримирования более сложен в аппаратном оформлении, сохраняет все недостатки, присущие методу конденсации, и не обеспечивает возможность улавливания паров летучих растворителей при их низких концентрациях [2].

5. Термические методы обезвреживания газовых выбросов применяют для обезвреживания газов от легко окисляемых токсичных, а также дурно пахнущих примесей. Их преимуществами являются относительная простота аппаратного оформления и универсальность использования, так как на работу термических нейтрализаторов мало влияет состав обрабатываемых газов. Недостатком метода является использование дополнительных источников энергии, необходимой для поддержания высоких температур в месте нахождения термических нейтрализаторов [3].

6. Биохимические методы газоочистки основаны на способности микроорганизмов разрушать и преобразовывать различные соединения. Поглощение и обезвреживание вредных примесей, содержащихся в воздухе, при биологической очистке осуществляется за счет жизнедеятельности микроорганизмов. Особенностью метода является использование естественных биологических процессов без применения чуждых экологической системе материалов и реагентов. Сущность биохимического метода состоит в аэробном разложении, окислении и ассимиляции микроорганизмами уловленных примесей. Разложение веществ происходит под воздействием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами под влиянием отдельных соединений или

группы веществ, присутствующих в очищаемых газах. В результате жизнедеятельности микроорганизмов происходит разложение вредных веществ, содержащихся в воздухе, и превращение их в менее опасные вещества. Скорость протекания биохимических реакций зависит от состава очищаемого воздуха, концентрации в нем аэрозольных частиц, а также от вида, количества и активности микроорганизмов. В качестве среды обитания микроорганизмов в биофильтре применяют компост, землю, торф, кору деревьев, пластмассовые элементы и др. Активность микроорганизмов зависит от температуры, влажности, кислотности среды, насыщения кислородом, наличия веществ для питания микроорганизмов в очищаемом воздухе. Биологический метод очистки может быть реализован в аппаратах или устройствах трех типов: в фильтрах со слоем увлажненной почвы или компоста, через который пропускается очищаемый газ; в биофильтрах с инертной насадкой, на поверхности которой искусственно выращивается биопленка активного ила; в аппаратах барботажного типа (скрубберах) с водной суспензией микроводорослей хлореллы или активного ила. При биологической очистке необходимо создать определенный температурно-влажностный режим для микроорганизмов, которые являются живыми существами и нуждаются в определенной среде и питании. Если одно из условий (температура, влажность, соответствующая питательная среда) не создано, количество микроорганизмов уменьшается, и они могут погибнуть. Необходимо выбрать оптимальный вид микроорганизмов и условия их обитания с учетом вида очищаемой среды и содержащихся в ней веществ [6, 10].

Монтмориллонит (наноглина).

Монтмориллонит - широко распространённый глинистый минерал из группы смектитов подкласса слоистых силикатов. Химический состав непостоянный. По анализам чистых разностей устанавливаются следующие колебания (в %): SiO₂ - 48-56, Al₂O₃ - 11-22, Fe₂O₃ - 5 и более, MgO - 4-9, CaO - 0,8-3,5 и более, H₂O - 12-24. Кроме того, иногда устанавливается наличие K₂O, Na₂O и др.

оксидов. Из разновидностей по составу выделяют: 1) нонтронит — $\text{Fe}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot x\text{nH}_2\text{O}$ (ферримонтмориллонит); 2) керолит $\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot x\text{nH}_2\text{O}$ (сапонит); 3) соконит — $(\text{Al}, \text{Zn})_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot x \cdot \text{nH}_2\text{O}$ (цинкмонтмориллонит, или жирная глина - в последнее время он привлекает к себе особое внимание как цинковая руда; 4) медмонтит — $(\text{Al}, \text{Cu})_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot x\text{nH}_2\text{O}$ (купро-монтмориллонит); 5) хризоколла — $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot x\text{nH}_2\text{O}$; 6) волконскоит — $(\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Cr}, \text{Al})_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot x\text{nH}_2\text{O}$ (хроммонтмориллонит); 7) гекторит — $(\text{Mg}, \text{Li})_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot x\text{nH}_2\text{O}$ (литиевый монтмориллонит). Важнейшими среди них являются нонтронит (название получил по месту нахождения — Нонтрон во Франции) и хризоколла (название происходит от греч. слов хрисос — золото и колля — клей).

Цвет монтмориллонита белый с сероватым, буроватым и красноватым оттенками, зеленый; хризоколлы — голубой, голубовато-зеленый или синий и даже черный; нонтронита — зеленовато-желтый, фисташково-зеленый, буровато-зеленый. Блеск матовый и восковой, у хризоколлы, кроме того, бывает стеклянный. Излом плотных разновидностей раковистый. Твердость монтмориллонита—1,5—2,5, хризоколлы — около 2 (иногда до 4), нонтронита — около 2—2,5 [9].

Плотность, твердость и оптические свойства изменяются в зависимости от состава минерала, степени раскристаллизации и гидратации. Минералы группы монтмориллонита набухают в присутствии воды, в связи с чем величина c_0 кристаллической решетки увеличивается почти в 3 раза (с 10А до 30А). Эти минералы имеют высокую поглотительную способность. Некоторые разновидности адсорбируют едкие и углекислые щелочи и поэтому используются в мыловаренной промышленности как «омыляющие» вещества. Диагностическими признаками монтмориллонита являются сильное набухание от влаги и связанная с этим жирность.

В кислотах разлагаются частично с образованием студенистого осадка. После прокаливания утрачивают адсорбционные свойства (при температуре выше

500-700 градусов Цельсия группа ОН начинает разрушаться, что нарушает общую структуру минерала).

Представления о характере структуры монтмориллонитовых минералов впервые высказали в 1933 г. Гофманн, Энделл и Вилм. В дальнейшем они были несколько изменены. Согласно гипотезам Мегдефрау и Гофманна, Маршалла и Хендрикса, монтмориллонит состоит из структурных элементов, построенных из двух наружных кремнекислородных тетраэдрических сеток и промежуточной алюмокислородной октаэдрической сетки. Все вершины тетраэдров в сетке направлены в одну и ту же сторону — к средней части структурного элемента. Тетраэдрические и октаэдрические сетки сочленены друг с другом таким образом, что вершины тетраэдров каждой кремнекислородной сетки совместно с вершинами слоев гидроксидов октаэдрической сетки образуют общий слой. В вершинах, общих для тетраэдрических и октаэдрических сеток, располагаются вместо гидроксильных групп ОН атомы О. Между слоями имеются свободные полости (катионообменные), в которых действуют силы, подобные магнитным. Как раз с их наличием связывают высокую поглотительную способность наноглин.

Монтмориллониты образуются главным образом в условиях щелочной среды при разложении вулканических туфов, пепла. Встречаются они в почве, в коре выветривания основных, щелочных и реже кислых изверженных горных пород. В зависимости от состава окружающих пород возникают отдельные члены ряда и их разности. Многие из минералов монтмориллонитовой группы пользуются широким развитием в осадочных породах, а иногда играют роль главных породообразующих минералов, образуя месторождения глин. Эти глины известны под названием «отбеливающих» (благодаря способности адсорбировать из жидкости различные загрязняющие примеси и даже газы) и «омыляющих» (благодаря способности адсорбировать едкие и углекислые щелочи). Некоторые монтмориллонитовые глины получили специальные местные названия: бентонит, кил, асканит, гумбрин, фуллеровы земли и т. д. Месторождения монтмориллонитовых глин многочисленны: юг центральной

России (в т.ч. Крым), Грузия, США, Франция, Германия, Япония и др. Возможно и искусственное получение наноглин.

Главным потребителем монтмориллонитовых глин является нефтяная промышленность, использующая их для очистки продуктов дробной перегонки нефти от посторонних взвешенных примесей (смола, углистых веществ и т.п.). Как адсорбент для очистки нефтепродуктов применяется ненабухающий кальциевый бентонит, прошедший кислотную обработку. Монтмориллонит также находит широкое применение при нефтяном бурении, благодаря своей способности давать вязкие суспензии уже при содержании в несколько процентов. Как связующий материал для приготовления вязких буровых растворов используется легко набухающий в воде натриевый бентонит. В текстильной промышленности используется способность монтмориллонита давать с водой и жирами устойчивые густые суспензии. Бентонитовые глины применяются при отделке суконных материалов с целью удаления жиров и масел, в связи с чем долгое время они именовались сукновальными. Монтмориллонит используется также как отбеливающий материал при производстве тканей. В производстве резины бентонитовые глины, наряду с каолином, употребляются в качестве активного наполнителя для придания изделиям жесткости, повышения их кислотоупорности и прочности. В мыловаренной и косметической промышленности бентониты применяются как наполнители при производстве дешевых сортов мыла, изготовлении пудры, грима, губной помады, зубного порошка, пасты и других косметических средств. В пищевой промышленности монтмориллонитовые глины используются для очистки воды и пищевых продуктов (вина, соков, растительных масел). В медицине монтмориллонит применяется при изготовлении лекарств, главным образом, как связующее вещество (в таблетках и пилюлях), а также как адсорбент вредных веществ при желудочных заболеваниях (смекта), при ранениях, отравлениях алкалоидами и т. д. В сельском хозяйстве бентонит эффективно используется при производстве комбикормов, в качестве подстилки для животных (в т.ч. для производства

туалетных наполнителей для животных), для мелиорации почвы. Монтмориллонит используется в бумажной промышленности для изготовления «безугольной» копировальной бумаги. Монтмориллонитовые глины применяются также в керамике, как связующее вещество в формовочных смесях, при производстве железорудных окатышей, а также как гидроизоляционный и адсорбционный материал [8].

Новизна работы заключается в использовании наноглины в качестве сорбента для газовых фракций, а не жидких.

Практическая часть.

В лабораторных условиях был получен опытный образец монтмориллонита.

Для этого в керамической ступке были соединены следующие вещества (процентное содержание указано в скобках):

- оксид алюминия (21%);
- оксид магния (9%);
- силикат натрия (50%);
- дистиллированная вода (20%).

Данную смесь прокалили над пламенем горелки в течение 30 минут при постоянном помешивании. После охлаждения опытного образца монтмориллонита, был описан его внешний вид, измерен его вес, рассчитана плотность, проведены микроскопические исследования и лабораторные эксперименты.

Внешне образец напоминает глиноподобную массу бело-серого цвета с характерным не резким запахом, блеск матовый и восковой.

Вес образца составил 42,5 грамма, плотность – 1,71 г/куб.см (соответствует средней плотности монтмориллонита – 1,7-1,8 г/куб.см).

Микроскопическое исследование показало, что полученный образец состоит из гранул и чешуек, между которыми расположены полости. После добавлении воды к образцу было произведено повторное изучение под микроскопом: гранулы и чешуи увеличились в размере, полости заполнились влагой, при этом капель воды невооруженным глазом не было видно (Приложение 1).

Также были проведены лабораторные испытания полученного образца наноглины на:

1. способность удерживать ядовитые пары аммиака.

Аммиак относится к 4 классу опасности (малоопасное вещество), однако, в больших концентрациях является смертельно опасным. Пары аммиака сильно раздражают слизистые оболочки глаз и органов дыхания, а также кожные покровы. Это человек и воспринимает как резкий запах. Пары аммиака вызывают обильное слезотечение, боль в глазах, химический ожог конъюнктивы и роговицы, потерю зрения, приступы кашля, покраснение и зуд кожи [8].

Для испытания, проводимого в вытяжном шкафу, в колбу было помещено 10 мл 25%-ного раствора аммиака. В горлышко колбы была плотно вставлена воронка, в которую, в свою очередь, поместили «пробку» из полученного образца монтмориллонита. Толщина «пробки» составила 0,8 см, объем – 1 куб.см. Резкий запах аммиака не ощущался.

Опыт повторили после увеличения объема аммиака вдвое. Запах аммиака не ощущался. Каждый последующий эксперимент проводился после увеличения объема аммиака на 10 мл. При объеме аммиака, равном 50 мл, 10% испытуемых почувствовали легкий запах аммиака, а 90% так и не почувствовали ядовитого газа.

Таким образом, нами был сделан вывод о хорошей сорбционной способности опытного образца монтмориллонита и возможности его использования для предотвращения выброса ядовитых газов в атмосферу.

2. способность удерживать углекислый газ.

Углекислый газ – одна из основных причин появления «парникового эффекта» на Земле. Углекислый газ природного происхождения перерабатывается «легкими планеты», а ежегодно возрастающее количество антропогенного углекислого газа, выделяющегося в результате горения, выбросов в атмосферу газов промышленных предприятий, вырубки лесов и др. причин, уже не способно переработаться нашей планетой. Углекислый газ тяжелее

атмосферного воздуха, что ведет к его накоплению в приземном слое. При этом растет и количество водяных паров. Прогреваясь, CO₂ и водяные пары не отдают тепло в высокие слои атмосферы, задерживая избыточное тепло у поверхности земли, что вызывает перегрев планеты.

Кроме этого, углекислый газ, являясь удушающим, относится к 4 классу опасности. Все эти факторы свидетельствуют о необходимости уменьшать объем выделяемого CO₂.

В двух колбах были смешаны по 50 г гидрокарбоната натрия и 40 мл конц.уксусной кислоты. В горлышко каждой колбы были плотно вставлены воронки, в одну из которых, в свою очередь, поместили «пробку» из полученного образца монтмориллонита. Вторая же воронка осталась свободной. Сначала в одну, а затем и во вторую воронку были помещены зажженные спички. В воронке, свободной от монтмориллонита, спичка погасла из-за наполнения воронки углекислым газом. В воронке с пробкой из наноглины огонь не погас, а, на наш взгляд, еще более разгорелся.

Таким образом, было доказано, что монтмориллонит способен поглощать углекислый газ, выделяя некий горючий газ (пока нами не было установлено, какой именно газ выделился).

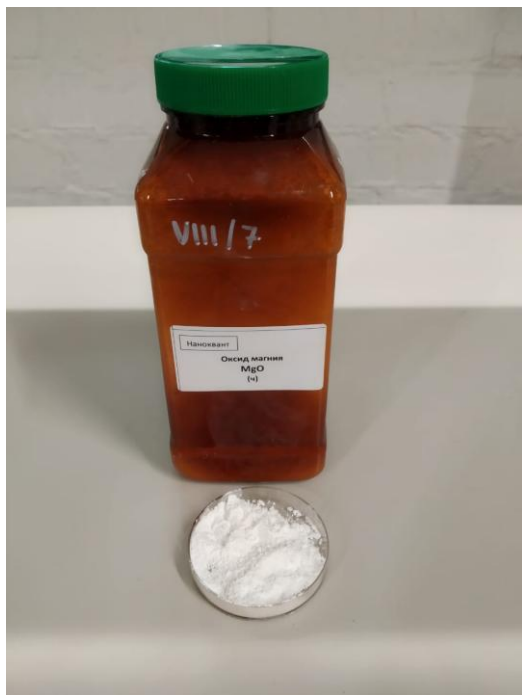
Вывод.

В результате проведенной работы нами был получен и изучен опытный образец монтмориллонита, который может применяться в качестве «пробки» (фильтра) для токсических веществ. Таким образом, можно реализовать экологический фактор размещения для предприятий различной направленности. Кроме этого, монтмориллонит, по всей видимости, можно использовать в качестве преобразователя CO₂ в горючий газ, что, несомненно, экономически и экологически выгодно. Дальнейшие исследования в этой области, возможно, дадут еще более значимые результаты.

Список использованной литературы

1. Редин, В.И., Князев, А.С. Проектирование природоохранных объектов: учебное пособие / В.И. Редин, А.С. Князев. - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2010. 72 с.
2. Ветошкин, А.Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Учеб. пособие для вузов / А.Г. Ветошкин. - П.: Высш. шк., 2008. - 639 с.
3. Ветошкин, А.Г. Процессы и аппараты газоочистки. : Учеб. пособие/ А.Г. Ветошкин. - Пенза.: ПГУ, 2006. - 297 с.
4. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского , 4-е изд., стереотипное. М.: ООО ИД «Альянс», 2008 - 496 с.
5. Серпионова, Е.Н. Промышленная адсорбция паров и газов. Изд. 3-е переработ. и доп. Учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей вузов / Е.Н. Серпионова. - М.: Высш. шк., 2005. - 416 с.
6. www.bibliofond.ru
7. ru.wikipedia.org
8. <https://catalogmineralov.ru/mineral/montmorillonite.html>
9. <https://kristallov.net/montmorillonit.html>
10. https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0a65635a2bc68b4d53b88421316c36_0.html

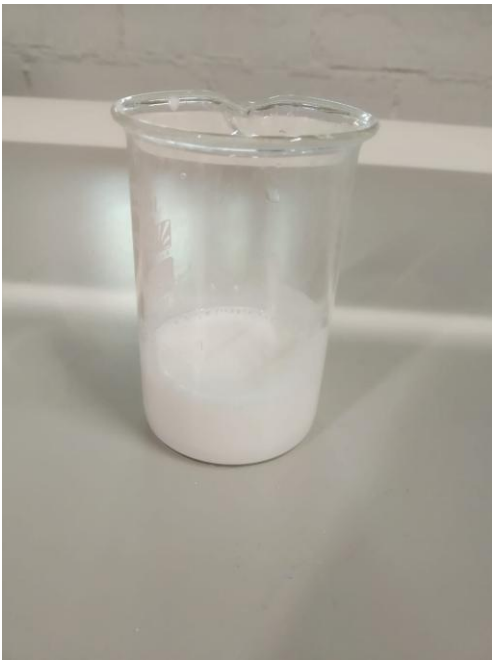
Приложение 1



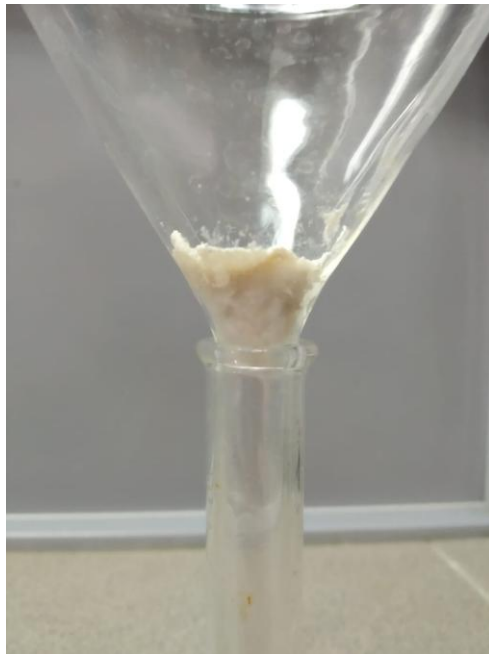
Сырье для получения монтмориллонита



Получение монтмориллонита



Монтмориллонит после охлаждения



Лабораторные испытания с аммиаком