

ХИМИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ – XXI

СБОРНИК ТРУДОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ (ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ),
ПОСВЯЩЕННОЙ 90-ЛЕТИЮ
КАЗАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА – КАИ
И 60-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ИНСТИТУТА АВТОМАТИКИ
И ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ КНИТУ-КАИ

Казань, 28 – 30 сентября 2021 г.



Казань 2021

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ)
Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан (ИПЭН АН РТ)
Лиссабонский университет (University of Lisbon)
Таджикский технический университет имени М.С. Осими (ТГУ им. М.С. Осими)
Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан (МЭПР РТ)
Общественная палата Республики Татарстан (ОП РТ)

ХИМИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ – XXI

**СБОРНИК ТРУДОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ), ПОСВЯЩЕННОЙ 90-ЛЕТИЮ
КАЗАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА – КАИ
И 60-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ИНСТИТУТА АВТОМАТИКИ
И ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ КНИТУ-КАИ**

Казань, 28 – 30 сентября 2021 г.



Казань 2021

УДК 371/378, 502/504, 519/574, 620/622

ББК 20.1

X46

X46 **Химия и инженерная экология - XXI**: сборник трудов международной научной конференции, Казань, 28 – 30 сентября 2021 г. – Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2021. – 276 с.

ISBN 978-5-6045150-6-8

Сборник содержит материалы докладов отечественных и зарубежных участников международной научной конференции (школа молодых ученых) «Химия и инженерная экология – XXI», посвященных решению актуальных прикладных задач инженерной экологии, в том числе в области экологического мониторинга, методов и средств очистки выбросов и сбросов, утилизации отходов производства и потребления, использовании новых экологичных материалов и информационных технологий.

УДК 371/378, 502/504, 519/574, 620/622

ББК 20.1

Редакционная коллегия:

Тунакова Ю.А. доктор химических наук, профессор
Иванов Д.В. кандидат биологических наук, зам. директора ИПЭН АН РТ
Мингазетдинов И.Х. кандидат технических наук, доцент
Кулаков А.А. кандидат технических наук, доцент
Мальцева С.А. кандидат химических наук, доцент
Гоголь Э.В. кандидат химических наук, доцент
Желовицкая А.В., кандидат химических наук, доцент
Шавалеева С.М. кандидат химических наук, доцент

ISBN 978-5-6045150-6-8

© Авторы, указанные в содержании, 2021

© Оформление.

Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2021

ИЗУЧЕНИЕ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТХОДОМ ЭНЕРГЕТИКИ

Николаева Л.А., доктор технических наук, профессор;

Зайнуллина Э.Р., аспирант

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Природным газом называется смесь газов, которые образовались при разложении различных органических веществ, 98% природного газа составляет метан. Многие углеводородные газы, подлежащие переработке, содержат влагу, что отрицательно сказывается на процессах его переработки.

Ключевые слова: природный газ, адсорбционная осушка, гранулированный сорбционный материал, шлам химводоочистки, адсорбер, влагопоглощение, газовая среда.

ADSORPTION DRYING OF NATURAL GAS WITH CARBONATE SLUDGE

Nikolaeva L.A., doctor of technical sciences, professor;

Zainullina E.R., graduate student

Kazan State Power Engineering University

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Natural gas is a mixture of gases that were formed during the decomposition of various organic substances, 98% of natural gas is methane. Many hydrocarbon gases to be processed contain moisture, which negatively affects the processes of its processing

Keyword: natural gas, adsorption drying, adsorption desiccation granulated sorption materia, chemical water treatment sludge, adsorbent, moisture absorption, gas environment.

Добываемый на месторождениях природный газ не является чистым продуктом, он содержит много примесей. Многие углеводородные газы, подлежащие переработке, содержат влагу. Наличие влаги в природном газе отрицательно сказывается на процессах его переработки. При переработке влажных газов ухудшаются технико-экономические показатели работы установок. В газопроводах наличие воды может приводить к образованию гидратов, в магистрали может появиться обычный лед. И то и другое способно повлечь образование в трубах пробок, препятствуя движению газового потока.

Высокая влажность природного газа приводит к возникновению активных коррозионных процессов на поверхности оборудования. При взаимодействии компонентов углеводородного газа с водой могут образовываться гидраты. Газовые гидраты – твердые кристаллические соединения, образующиеся при определенных условиях из воды и низкомолекулярного газа. По внешнему виду гидраты напоминают лед или снег.

Процесс осушки углеводородных газов можно осуществлять с помощью

четырёх методов: охлаждение, абсорбцией, адсорбцией и комбинированием этих способов [1].

Степень осушки газа оценивают по температуре точки росы, характеризующей степень его насыщения водяными парами. Определение температуры «точки росы» проводится гигрометрами-анализаторами, основанными на конденсационном методе, анализатор измеряет температуру конденсации паров воды на охлаждаемом зеркале а единицах температуры «точки росы».

Для получения низких значений «точки росы» при невысокой влагоемкости углеводородного газа, в работе рассматривается адсорбционный метод осушки.

Адсорбционный метод разделения газовых смесей основан на избирательном поглощении углеводородов, влаги твердыми сорбентами, которые хорошо адсорбируют высшие углеводороды и не поглощают метан.

В работе в качестве адсорбента для осушки природного газа предлагается использовать гранулированный сорбционный материал, разработанный на основе карбонатного шлама Казанской ТЭЦ-1. Карбонатный шлам является отходом тепловых электрических станций (ТЭС).

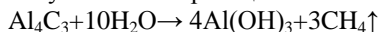
В технологиях осушки природного газа, как правило, применяются адсорберы с зернистой загрузкой. Для получения гранул мелкодисперсный шлам с размерами частиц от 0,01 до 0,09 мм смешивается с жидким натриевым стеклом (ЖНС) при массовом и объемном соотношении 2:1, соответственно. Соотношение подобрано экспериментальным путем. При меньшем соотношении происходит неполное пропитывание шлама ЖНС, и при последующем обжиге гранулы осыпаются; при большем соотношении происходит перерасход связующего. Далее смесь доводится до однородной массы, окатывание происходит в ручную. Гранулы выдерживаются в печи при $t=400^{\circ}\text{C}$ в течение трех часов, далее проводится охлаждение до комнатной температуры в эксикаторе. Гранулы имеют диаметр от 1 до 2,5 мм.

Технологические характеристики полученного гранулированного материала: адсорбционная емкость по влаге – 2,4 г/г; влагоемкость – 49%, насыпная плотность – 536 кг/м^3 , суммарный объем пор – $0,592 \text{ см}^3/\text{г}$, удельная поверхность – $46,2 \text{ м}^2/\text{г}$ [2].

Для исследования сорбционных свойств ГАСМ в газовой среде, приближенной по составу к природному газу, использовалась созданная на кафедре «Технологии в энергетике и нефтегазопереработке» ФГБОУ ВО «КГЭУ» модельная установка с неподвижным слоем шлама.

В установку был включен лабораторный адсорбер, в качестве которого применяли реакционную колонку, изготовленную из нержавеющей стали, что обеспечивало ее стойкость к агрессивным средам. Подвод и отвод газовой смеси осуществлялись с помощью штуцеров 3,13. Подводящий штуцер с помощью резьбового соединения объединялся с диффузионным колпачком. Это обеспечивало равномерное распределение газа по слою ГАСМ, размещенного на сетке, и препятствовало выносу частиц. Для нагрева колонки использовался термостат с электронагревателем 6. Температура газовой среды составляла – 40°C .

Газовая среда в течение экспериментов имела следующий состав, %: O_2 – 4-5,7; CH_4 – 75-79; H_2O – 3. Оставшуюся часть объема газовой смеси составлял CO_2 . При адсорбции влаги, концентрация изменялась в диапазоне 0-10 мг/м³. Расход газов, приведённый к нормальным условиям, составлял 4×10^{-4} м³/с. Метан получали в лабораторных условиях по реакции



Водопоглощение адсорбционного материала определялось гравиметрическим методом.

В работе предлагается данный адсорбер включить в схему рекуперационной установки осушки природного газа. Несмотря на периодичность работы аппаратов с неподвижным слоем, адсорбционные установки работают непрерывно, в них включают несколько адсорберов, причем их число определяется в соответствии с продолжительностью адсорбционно – десорбционного цикла.

Произведен технологический расчет адсорбера периодического действия со следующими исходными данными: за один период проходит $L=2000$ м³ газозвушной смеси с концентрацией метана $C_0=0,0045$ кг/м³. Температура процесса 20 °С, давление атмосферное, скорость потока газозвушной смеси $w_n=13$ м/мин = 0,22 м/с, концентрация смеси после выхода из адсорбера $C=3 \times 10^{-5}$ кг/м³. В качестве адсорбента применяется гранулированный сорбционный материал с диаметром зерен $d_3=1-2,5$ мм и насыпной плотностью $\rho_n=536$ кг/м³. Высота слоя материала $H=0,5$ м, удельная поверхность $a_v=720$ м²/м³, удельный свободный объем $\epsilon_{св}=0,375$. Построена изотерма адсорбции метана при 20°С на разработанном гранулированном материале (рис. 1). Пользуясь этой изотермой, определено количество гранулированного сорбционного материала, необходимое на одну загрузку, диаметр адсорбера и продолжительность поглощения влаги до насыщения адсорбента[3].

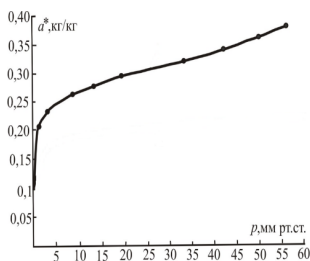


Рис. 1. Изотерма адсорбции паров метана на сорбционном материале в условиях поглощения

Пользуясь этой изотермой, определено количество гранулированного сорбционного материала, необходимое на одну загрузку, диаметр адсорбера и продолжительность поглощения влаги до насыщения адсорбента (табл. 1).

Таблица 1

Технологические характеристики адсорбера периодического действия

Показатель	Значение
Диаметр, м	0,52
Площадь поверхности (удельная), м ² /м ³	720
удельный свободный объем пор	0,375
Количество сорбционного материала на одну загрузку, кг	130,44кг
Продолжительность адсорбции, мин.	306
, ч	5,1
Высота слоя гранулированного материала, м	0,5
Влажность гранулированного сорбционного материала, %	3,0

Изучен процесс адсорбционной осушки природного газа разработанным гранулированным материалом на основе шлама химводоочистки Казанской ТЭЦ-1. На лабораторной установке показано, что адсорбционная емкость материала по влаге достигает максимального значения 2,4 г/г. Определены технологические свойства адсорбента.

Рассчитаны технологические характеристики адсорбера периодического действия с неподвижным слоем гранулированного материала: диаметр, количество материала на одну загрузку, продолжительность адсорбции.

Предложена технологическая схема рекуперационной адсорбционной установки осушки природного газа.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №18-79-10136 <https://rscf.ru/project/18-79-10136/>

Литература:

1. Гриценко А.М. Научные основы промышленной обработки углеводородного сырья. – М.: Недра, 1977, 239 с.

2. Николаева Л.А., Голубчиков М.А., Захарова С.В. Изучение сорбционных свойств шлама осветлителей при очистке сточных вод ТЭС от нефтепродуктов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2012. №9-10. С. 86-91.

3. Лаптев А.Г., Конахин А.М., Минеев Н.Г. Теоретические основы и расчет аппаратов разделения гомогенных смесей. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2007/ 426 с.

УДК 628.4.03

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ МУСОР В ПРИБАЙКАЛЬЕ

Тимофеева С.С., доктор технических наук, профессор

Булашева А.А., обучающийся, магистрант

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

(г. Иркутск, Российская Федерация)

Аннотация: Рассмотрена проблема фармацевтического мусора в условия пандемии. Приведены результаты опроса школьников и учителей и установлено, что люди старшего поколения более равнодушны к «зеленым» инициативам по

ХИМИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ – XXI

**СБОРНИК ТРУДОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ), ПОСВЯЩЕННОЙ 90-ЛЕТИЮ
КАЗАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА – КАИ
И 60-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ИНСТИТУТА АВТОМАТИКИ
И ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ КНИТУ-КАИ**

Казань, 28 – 30 сентября 2021 г.

Материалы конференции опубликованы в авторской редакции.
За содержание докладов и перевод на английский язык ответственность несут авторы

Отпечатано в изд-ве ИП Сагиева А.Р.
420073, г. Казань, ул. Ад. Кутуя, 116

Заказ № 524 от 29.10.21 г.
Формат 60x84 1/8. Усл. печ. л. 17,25.
Бумага офсет 80 г. Печать ризографическая.
Тираж 25 экз.