Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра технологии органических веществ и нефтехимии

ВЫДЕЛЕНИЕ н-ПАРАФИНОВ ИЗ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ КАРБАМИДОМ

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «**Сырьевые источники для производств основного органического синтеза**» для обучающихся направления подготовки 18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль) Химическая технология органических веществ

Составитель Т. С. Котельникова

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 2 от 01.12.2020
Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
направления подготовки 18.03.01
Протокол № 4 от 19.01.2021

Электронная копия хранится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2021

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить процесс карбамидной депарафинизации нефтяного сырья, получить твердые парафины, приобрести навыки проведения аналитического контроля и материальных расчетов процесса.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Практическое значение в качестве сырья для органического синтеза имеют в основном высшие парафины с прямой цепью углеродных атомов. Индивидуальные их представители до C_{16} при комнатной температуре представляют собой жидкости, свыше C_{16} – твердые вещества, температура плавления которых постепенно возрастает с удлинением углеродной цепи.

Главным источником жидких и твердых парафиновых углеводородов является нефть. В газойлевых, керосиновых и масляных фракциях нефти содержится до 30 % парафинов. Твердые парафины – нежелательные компоненты масел и моторных топлив. Но они являются ценным сырьем для производств основного органического синтеза.

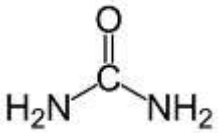
Насыщенные углеводороды C_{10}–C_{20} чаще получают методом карбамидной депарафинизации керосиновых и газойлевых фракций нефти. Они представляют собой смесь жидких и твердых алканов нормального строения, которая плавится при температуре около 35 °С. Их принято называть мягкими парафинами. Используются они для производства синтетических жирных спиртов и кислот, на основе которых, главным образом, получают поверхностно-активные вещества.

Насыщенные углеводороды C_{20}–C_{40} (твердый парафин с температурой плавления около 50 °С) получают депарафинизацией избирательными растворителями масляных фракций нефти. Мягкие и твердые парафины кроме *н*-парафиновых углеводородов содержат также изопарафины и нафтены, что нежелательно. Химический состав твердых углеводородов зависит от температурных пределов выкипания фракции. В низкокипящих масляных фракциях нефти содержатся в основном твердые парафиновые углеводороды нормального строения. С повышением пределов

выкипания содержание *н*-алканов снижается, а концентрация изопарафиновых и циклических углеводородов, особенно нафтеновых, возрастает. Так, например, основным компонентом твердых углеводородов, концентрирующихся в остатке от перегонки мазута, являются нафтеновые углеводороды с боковыми цепями преимущественно изостроения; в меньшем количестве в них содержатся парафиновые и ароматические углеводороды с длинными алкильными цепями. С повышением температур выкипания фракции растет общее содержание твердых углеводородов и повышается их температура плавления.

Депарафинизация нефтепродуктов может осуществляться несколькими методами: кристаллизацией твердых углеводородов при охлаждении сырья; кристаллизацией твердых углеводородов при охлаждении раствора сырья в избирательных растворителях; комплексообразованием с карбамидом; каталитическим превращением твердых углеводородов в низкозастывающие продукты; адсорбционным разделением сырья; биологическим воздействием.

Наиболее широкое промышленное применение получили методы депарафинизации с использованием избирательных растворителей (жидкий пропан, смесь низших кетонов и ароматических углеводородов и др.) и процесс карбамидной депарафинизации. Основным отличием и преимуществом процесса карбамидной депарафинизации является отсутствие необходимости охлаждения до низких температур.

В основе метода карбамидной депарафинизации лежит способность карбамида (или мочевины, химическая формула 

) образовывать кристаллические комплексы (клатраты) с парафиновыми углеводородами нормального строения, а также со слаборазветвленными изопарафиновыми и циклическими (нафтеновыми, ароматическими) углеводородами при условии, что в их молекулах содержатся длинные неразветвленные парафиновые цепи из 18 и более атомов углерода.

В процессе комплексообразования молекулы карбамида («хозяин») соединяются между собой с помощью водородных

связей и образуют спиралевидные гексагональные каналы (свободное пространство), в которых легко размещается и удерживается за счет сил Ван-дер-Ваальса плоская зигзагообразная молекула парафинового углеводорода нормального строения («гость»). Диаметр канала имеет размеры от 0,49 нм (в узкой части) до 0,6 нм (в широкой части), поэтому комплекс с карбамидом могут образовывать вещества, молекулы которых имеют диаметр поперечного сечения меньше диаметра канала. Из углеводородов нефтяного сырья лишь *н*-алканы имеют поперечный размер молекулы 0,38–0,42 нм, отвечающий данному условию. Молекулы изоалканов, циклоалканов и аренов имеют критические диаметры более 0,49 нм и поэтому не могут образовывать комплексов с карбамидом.

При нормальных условиях (комнатная температура и атмосферное давление) карбамид образует устойчивые комплексы с *н*-парафинами, содержащими от 7 до 65 атомов углерода в цепи. Стабильность комплексов, образуемых мочевиной с алканами, растет с увеличением молекулярной массы, т. е. с увеличением длины углеводородной цепи, а также с повышением концентрации мочевины в растворе.

Изопарафины с одной метильной группой в боковой цепи образуют комплекс с карбамидом в том случае, если в основной цепи содержится не менее 10 атомов углерода, а при наличии этильной боковой группы – не менее 24. Нафтены и арены, в зависимости от числа колец (моно-, бициклические) способны к комплексообразованию при наличии боковых цепей нормального строения с числом атомов углерода 18-25.

Комплексообразование с карбамидом представляет собой равновесный процесс:

$$C_nH_{2n+2} + mH_2NC(O)NH_2 \leftrightarrow C_nH_{2n+2}\cdot mH_2NC(O)NH_2 + Q,$$

где m – число молей карбамида на 1 моль углеводорода; для *н*-алканов $m = 0{,}6683n + 1{,}51$; где n – число атомов углерода в цепи *н*-алкана, Q – количество тепла (кДж/моль), выделяющееся в процессе образования комплекса, $Q = 6{,}7n$.

С повышением числа атомов углерода в цепи *н*-алкана требуется большее количество карбамида для образования комплек-

са, повышается мольное соотношение карбамида и углеводорода в комплексе.

Процесс комплексообразования с карбамидом является экзотермическим (проходит с выделением тепла), поэтому с повышением температуры до 70 °С равновесие сдвигается влево, т. е. в сторону разрушения комплекса. Наиболее устойчивый комплекс образуют *н*-алканы, при этом с удлинением цепи (увеличением молекулярной массы *н*-алкана) и понижением температуры процесса устойчивость комплекса возрастает.

В процессе карбамидной депарафинизации для снижения вязкости среды применяют растворители. При этом обеспечивается лучший массообмен и более тесное контактирование карбамида с углеводородами, а в конечном итоге большая полнота извлечения комплексообразующих углеводородов. В качестве растворителей используют бензин, лигроин, изооктан, петролейный эфир, изопропанол, метилэтилкетон и др.

Процесс образования карбамидного комплекса протекает в присутствии специально вводимых веществ – *активаторов*. К их числу относятся низшие спирты (метанол, этанол, изопропанол), кетоны (ацетон, метилэтилкетон), хлорорганические соединения (хлористый метилен, дихлорэтан), вода и др. Являясь полярными веществами, они ослабляют межмолекулярное взаимодействие между жидкими и твердыми углеводородами (при этом твердые углеводороды высвобождаются из раствора для участия в образовании комплекса), а также препятствуют адсорбции на кристаллах карбамида или комплекса неуглеводородных компонентов сырья, являющихся ингибиторами комплексообразования (смол, серо- и кислородсодержащих соединений и др.).

Полярные растворители (спирты, кетоны, хлорорганические соединения) в условиях карбамидной депарафинизации выполняют одновременно функции растворителя и активатора. В случае если используется неполярный растворитель, необходимо введение активатора.

Эффективность процесса комплексообразования зависит от качества сырья, состава и расхода растворителя, активатора, температуры и длительности контактирования. При повышении температурных пределов выкипания сырья, т. е. утяжелением фракционного состава, резко снижается степень извлечения твердых

углеводородов, что связано с особенностями их состава. Твердые углеводороды высококипящих нефтяных фракций (мазут, масляные фракции) содержат преимущественно высокомолекулярные изопарафины, а также нафтены и арены с длинными парафиновыми цепями изостроения, не образующие комплекс с карбамидом. Именно по этой причине процесс карбамидной депарафинизации эффективен для извлечения твердых углеводородов из дизельных и маловязких масляных фракций. С увеличением расхода карбамида увеличивается глубина извлечения углеводородов. Выбор температурных условий карбамидной депарафинизации зависит от качества сырья.

Для разложения комплекса с целью разделения парафинов и карбамида существует несколько способов:

– контактирование комплекса при нагревании с растворяющими углеводородную часть веществами (бензин, керосин и т. п.); в этом случае сверху находится раствор парафина в углеводородном растворителе, снизу – карбамид;

– контактирование комплекса при *повышенной* температуре с водой, при этом образуется нижний водный раствор карбамида, а парафин выделяется на поверхности;

– разрушение комплекса нагреванием до 70 °С с последующим отстаиванием (центрифугированием) кристаллов карбамида.

Метод депарафинизации кристаллическим карбамидом применяется при производстве низкозастывающих дизельных топлив и маловязких масел.

На практике обычно применяется одноступенчатая обработка сырья карбамидом. Однако установлено, что многократная обработка карбамидом позволяет увеличить глубину отбора комплексообразующих компонентов сырья.

Недостатком процесса депарафинизации карбамидом является относительно невысокая избирательность, так как частично извлекаются изопарафины и другие углеводороды с достаточно длинными прямыми цепями углеродных атомов. Парафин, полученный карбамидной депарафинизацией, содержит жидкие масла. Его можно очищать тем же методом «выпотевания», что и при выделении парафина обычной кристаллизацией. В ряде случаев парафин требуется очищать также от ароматических углеводородов, присутствие которых нежелательно при его химической пе-

реработке. Деароматизацию можно вести концентрированной серной кислотой или олеумом – с ними парафины не реагируют, а ароматические соединения образуют сульфокислоты, легко извлекающиеся из органического слоя.

В очищенном парафине, предназначенном для химической переработки, допускается примесь до 0,5 % ароматических углеводородов, 0,01 % серы и не более 10 % изопарафинов.

В настоящее время для выделения *н*-алканов из нефтяных фракций широко используют адсорбцию на так называемых «молекулярных ситах» – цеолитах. Цеолиты – это кристаллические алюмосиликаты общей формулы:

$$Me_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot kSiO_2 \cdot pH_2O,$$

где Me – одновалентный щелочной ($n = 1$), двухвалентный щелочноземельный ($n = 2$) или другой специально введенный металл; k – величина, характеризующая тип цеолита (силикатный модуль).

В зависимости от значения k различают следующие типы цеолитов:

k	Тип цеолита
1,8–2,0	A
2,3–3,0	X
3,0–6,0	Y
4,5–5,0	Шабазит (цеолит D, R, S)
6,0–7,0	Эрионит (цеолит T)
8,3–10,0	Модернит
10,0–35,0	L

Кристаллическая решетка цеолитов образуется цепочками тетраэдров $[(Si,Al)O_4]$, соединенных общими атомами кислорода. Размеры и форма кристаллической решетки строго определены для каждого вида цеолитов. Ниже представлены диаметры полостей и размеры окон для некоторых цеолитов:

Цеолит	Диаметр полости, нм	Размер окна, нм
LiA	1,2	0,44
NaA	1,1–1,2	0,40
CaA	1,1	0,50
NaX (NaY)	1,1–1,3	0,90
CaX (CaY)	1,1–1,3	0,80

«Ситовой эффект» цеолитов состоит в том, что цеолит каждого вида способен селективно адсорбировать молекулы лишь тех углеводородов, критический диаметр которых меньше диаметра входного окна данного цеолита.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Реактивы:

1. Сырье (дизельная фракция) – 20 г
2. Активатор (спирт этиловый, изопропанол) – 10 мл
3. Карбамид – 20 г
4. Хлористый кальций (для просушивания деппродукта)
5. Растворитель (хлороформ, ацетон) – 35 г

Оборудование:

1. Колба коническая на 100 мл.
2. Трехгорлая колба.
3. Воронка Бюхнера.
4. Колба Бунзена.
5. Термометр с ценой деления 1 °С до 150 °С.
6. Стакан на 500 мл.
7. Электрическая плита.
8. Мешалка с электромотором.
9. Колба Вюрца.
10. Приемник.
11. Холодильник Либиха.
12. Бумажные фильтры.
13. Технические весы.
14. Водяная баня.

Характеристика растворителей и активаторов, которые можно использовать в работе, приведена в табл. 1. Необходимо соблюдать инструкции по работе с легковоспламеняющимися веществами.

Таблица 1

Характеристика растворителей и активаторов

Растворитель	Температура, °С		Плотность, г/см^3	ПДК, мг/м^3
	кипения	вспышки		
Метилэтилкетон	79,6	–9,0	0,805	200
Ацетон	56,5	–18,8	0,792	200
1,2-Дихлорэтан	83,4	21,1	1,252	10
Этанол	78,5	13,0	0,789	1000
Изопропанол	82,2	11,7	0,785	10
Хлороформ	61,2	–	1,486	5

Порядок выполнения работы

1. Определение температурного режима проведения депарафинизации.

Реакция комплексообразования между карбамидом и парафинами является обратимой и проходит с выделением тепла. В связи с этим, необходимо вести процесс при минимально возможной температуре с целью недопущения сдвига равновесия в сторону разрушения комплекса. В тоже время чрезмерное понижение температуры может привести к выпадению кристаллов парафиновых углеводородов из раствора и, соответственно, прекращению реакции комплексообразования. Поэтому предварительно необходимо определить температуру помутнения (начала кристаллизации) раствора депарафинируемого сырья при выбранной кратности растворителя, которая и будет соответствовать нижней температурной границе проведения процесса.

С этой целью навеску сырья в количестве 20 г, взвешенную на технических весах, растворяют в 20 г растворителя в конической колбе на 100 мл при нагревании на водяной бане (стеклянный стакан) до получения однородного прозрачного раствора. После этого в колбу помещают термометр и раствор медленно охлаждают (со скоростью 1–3 °С/мин) сначала на воздухе, затем с помощью охлаждающей смеси до появления мути. Зафиксированная температура помутнения (начала кристаллизации) и будет характеризовать начало процесса образования кристаллов твердых парафинов при данной кратности растворителя. Процесс карбамидной депарафинизации необходимо проводить при тем-

пературе примерно на 5 °С выше полученной температуры помутнения.

2. Проведение процесса депарафинизации

Прозрачный раствор сырья с растворителем переливают из конической в трехгорлую круглодонную колбу на 500 мл, снабженную водяной баней и мешалкой. Температуру водяной бани контролировать термометром. Включают нагрев и перемешивание. При малых оборотах мешалки вводят в колбу небольшими порциями предварительно измельченный в ступке карбамид для его равномерного распределения по всему объему колбы. Затем устанавливают необходимую скорость перемешивания, и после достижения ранее определенной температуры реакции (см. п. 1), к раствору добавляют активатор. Далее ведут процесс в течение 30 мин, следя за тем, чтобы температура не отклонялась от заданной более чем на 2–3 °С.

Образовавшийся комплекс в смеси с раствором депарафинированного нефтепродукта отфильтровывают на воронке Бюхнера. Фильтрат подвергают простой перегонке. Осадок промывают 15 мл растворителя и переносят в стеклянный стакан, где разлагают добавлением 40 мл горячей воды (80–90 °С). При этом образуется два слоя: верхний – парафины, входящие в состав комплекса, и нижний – водный раствор карбамида.

Стакан помещают на 20–30 мин в прохладное место для кристаллизации твердых углеводородов. После этого верхний слой (парафины) отделяют и несколько раз промывают водой для удаления следов карбамида. Извлеченные парафины сушат от следов воды и растворителя. Высушенный продукт взвешивают и анализируют.

3. Отгонка растворителя

Депарафинированный продукт (деппродукт), представляющий собой раствор углеводородов, не образовавших комплекс с карбамидом, в растворителе, из колбы Бунзена помещается в делительную воронку и промывается 2 раза горячей водой с целью удаления остатков карбамида. Затем раствор депарафинированного продукта просушивают хлористым кальцием, переливают в колбу Вюрца на 100 мл с термометром и холодильником и отгоняют растворитель. Определяют массу и объем растворителя и деппродукта.

4. Анализ полученных продуктов

4.1. Определение температуры плавления парафинов на шарике термометра

Исследуемый продукт расплавляют, нагревая до температуры не более, чем на 10 °С выше ожидаемой температуры плавления. Термометр опускают в расплавленный продукт и осторожно вынимают его, чтобы не сбросить каплю, которая повиснет на шарике термометра. Термометр с каплей вставляют в пробирку, предварительно нагретую до предполагаемой температуры плавления исследуемого продукта. Осторожно вращают пробирку в горизонтальном положении. Капля на шарике термометра не принимает участия во вращении до тех пор, пока она находится в жидком состоянии. Как только капля застынет, она начнет вращаться вместе с термометром и из блестящей станет матовой. Температура, при которой капля становится матовой, принимается за температуру плавления продукта. Определение повторяют 2–3 раза и берут среднее из результатов всех определений, если расхождение не превышает 1 °С.

Этот метод используется для определения температуры плавления гача, петролатума, парафина, церезина и дистиллятов с большим содержанием парафина. Метод не пригоден для продуктов с температурой плавления, ниже 30 °С.

4.2. Определение температуры застывания нефтепродукта

Температура, при которой масло теряет подвижность в заданных условиях, называется температурой застывания. Для определения температуры застывания используется пробирка стандартных размеров, на наружной поверхности которой на расстоянии 30 мм от дна имеется кольцевая метка (ГОСТ 20287-91). Пробирка вставляется в пробирку-муфту (рис. 1).

Обезвоженный продукт осторожно наливают в пробирку до метки так, чтобы он не растекался по стенкам пробирки. При помощи корковой пробки вставляют термометр и помещают в водяную баню, нагретую до 50±1 °С. Пробирки выдерживают до тех пор, пока продукт не примет температуру бани.

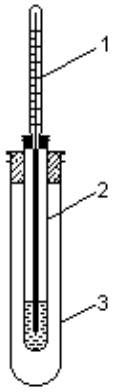


Рис. 1. Схема установки для определения температуры застывания нефтепродукта:
1 – термометр;
2 – пробирка;
3 – пробирка-муфта

Пробирку с нефтепродуктом 2 и термометром 1 вынимают из водяной бани, вытирают ее снаружи и укрепляют при помощи корковой пробки в пробирке-муфте 3. Прибор закрепляют в держателе штатива в вертикальном положении и оставляют при комнатной температуре до тех пор, пока продукт не охладится до температуры 35±5 °С. Затем прибор помещают в сосуд с охладительной смесью, температура которой на 5 °С ниже предполагаемой температуры застывания. Температура охладительной смеси поддерживается с точностью до ±1 °С.

Когда продукт в пробирке примет предполагаемую температуру застывания, пробирку наклоняют под углом 45° и, не вынимая из охладительной смеси, держат в таком положении в течение одной минуты. После этого пробирку с муфтой осторожно вынимают из охладительной смеси, быстро вытирают муфту и наблюдают, не сместился ли мениск испытуемого нефтепродукта.

В случае смещения мениска пробирку вынимают из муфты, снова подогревают до температуры 50±1 °С и производят новое определение при температуре на 4 °С ниже предыдущей. И так до тех пор, пока мениск не перестанет смещаться. Если мениск не сместился, пробирку вынимают из муфты, снова подогревают до температуры 50±1 °С и определение повторяют при температуре на 4 °С выше предыдущей.

После нахождения границы застывания определение повторяют, понижая и повышая температуру на 2 °С до тех пор, пока не будет установлена такая температура, при которой мениск продукта остается неподвижным. За температуру застывания принимается та температура, при которой мениск будет непо-

движным. Проводят параллельно два испытания. Расхождения в значениях температуры застывания должны быть не более 2 °С.

4.3. Определение показателя преломления нефтепродукта

Показатель преломления зависит от природы исследуемого вещества. Чем выше температура кипения фракции, тем больше ее показатель преломления. При близкой молекулярной массе углеводородов показатель преломления возрастает в ряду:

алканы < алкены < циклоалканы < ароматические углеводороды.

Показатель преломления определяют с помощью специального прибора – рефрактометра типа Аббе. Перед началом измерений на рефрактометре необходимо проверить нуль прибора по дистиллированной воде, показатель преломления которой составляет 1,333 при 20 °С. При необходимости с помощью винта и специального ключа, прилагаемого к рефрактометру, совмещается граница светотени с делением показателя преломления воды и визирной линией.

Исследуемый образец (2 капли) наносят на измерительную призму рефрактометра и плотно закрывают верхнюю камеру. На осветительную призму от источника света направляют световой поток. Свет рассеивается, проходит через тонкий слой исследуемого образца и преломляется на плоскости измерительной призмы. Выходной поток света из призм направляется в окуляр. Там же просматривается граничная линия, разделяющая темное и светлое поля (граница светотени), шкала с показателями преломления и визирная линия (три штриха, параллельные границе раздела). Перемещая окуляр рукояткой, границу светотени совмещают с визирной линией и по шкале прибора отсчитывают показатель преломления образца.

После измерения с внутренних поверхностей верхней и нижней камер рефрактометра фильтровальной бумагой удаляют остатки образца. Затем поверхности призм промывают последовательно дистиллированной водой, этиловым спиртом и досуха протирают фильтровальной бумагой.

По результатам работы сделать вывод о том, как влияет химический состав образца на значение показателя преломления.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Температура помутнения раствора депарафинируемого сырья, °С:

Условия проведения процесса депарафинизации:

температура процесса депарафинизации, °С:

начальная

конечная

время перемешивания, мин:

температура разложения комплекса, °С:

Температура отгоняемого растворителя, °С:

Составляем материальный баланс процесса карбамидной депарафинизации (табл. 2).

Таблица 2

Материальный баланс процесса карбамидной депарафинизации нефтяного сырья

Взято	г	% масс.	Получено	г	% масс.
Сырье			Депарафинированный Продукт (деппродукт)		
Карбамид			Растворитель		
Растворитель, в т.ч. – на разбавление – на промывку			Углеводороды, образующие комплекс (парафины)		
Активатор			Водный раствор карбамида		
Вода			Потери		
Всего			Всего		

Результаты анализа сырья и полученных продуктов заносим в табл. 3.

Таблица 3

Результаты анализа исходных и получаемых продуктов

Свойство	Сырье	Деппродукт	Парафин
Температура, °С: замерзания плавления			
Показатель преломления			

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе составляется каждым студентом индивидуально в лабораторном журнале и должен содержать:

– цель работы;
– теоретические основы процесса (кратко);
– описание этапов работы;
– меры по технике безопасности;
– результаты эксперимента;
– вывод.

Оформленный отчет проверяется и подписывается преподавателем.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении работ необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при работе в химической лаборатории (инструкция по охране труда в лабораториях кафедры технологии органических веществ и нефтехимии для сотрудников, аспирантов и студентов – ИОТ РО–06–004–2012).

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое мягкие и твердые парафины? Как получают в промышленности, области их применения.
2. Назначение процесса карбамидной депарафинизации; его преимущества и недостатки.
3. Технологическая схема процесса карбамидной депарафинизации.
4. Карбамид (мочевина), его структура и свойства. Механизм комплексообразования.
5. Требования к углеводородному сырью для образованиия комплекса.
6. Условия проведения процесса.
7. Роль активатора в процессе образования комплекса.
8. Факторы, влияющие на процесс карбамидной депарафинизации.
9. Способы разрушения комплекса.

10. Целевые и побочные продукты процесса карбамидной депарафинизации, их свойства и применение.

8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев, Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза : учебник для студентов химико-технологических специальностей вузов / Н. Н. Лебедев. – 4-е изд., перераб. и доп. / Репринт. изд. – Москва : Альянс, 2013. – 592 с. – ISBN 9785918720356. – Текст : непосредственный.

2. Агабеков, В. Е. Нефть и газ: технологии и продукты переработки / В. Е. Агабеков. – Минск : Белорусская наука, 2011. – 460 с. – ISBN 9789850813596. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=86694. – Текст : электронный.

3. Химия и технология мономеров: лабораторный практикум / Р. А. Ахмедьянова, А. П. Рахматуллина, Д. В. Бескровный и др. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. – 80 с. – ISBN 978-5-7882-2258-5. – URL: https://e.lanbook.com/book/138271. – Текст : электронный.

4. Технология переработки нефти и газа. Производство и исследование нефтяных масел и парафинов : сб. ст. Грознен. нефтян. НИИ (ГрозНИИ); редкол. : А. З. Дорогочинский [и др.]. – Москва : Химия, 1968. – 126 с. – Текст : непосредственный.

Составитель
Татьяна Сергеевна Котельникова

ВЫДЕЛЕНИЕ *н*-ПАРАФИНОВ ИЗ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ КАРБАМИДОМ

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Сырьевые источники для производств основного органического синтеза» для обучающихся направления подготовки 18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль) Химическая технология органических веществ

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.02.2021. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе
Уч.-изд. л. 0,8. Тираж 14 экз. Заказ
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28
Издательский центр Кузбасского государственного технического
университета имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а