

Настойки

- (от лат. *tincturae* — погружать, мочить, красить) — это спиртовые извлечения из ЛРС, получаемые без нагревания и удаления экстрагента. Представляют собой прозрачные окрашенные жидкости, обладающие вкусом и запахом растений, из которых их готовят.
- Настойки — старейшая ЛФ, введена в медицинскую практику Парацельсом (1495—1541), не утратила актуальность является официальной по ГФ XI.
- Применение: внутрь и наружно
- Настойки
 - Простые - из одного вида сырья,
 - сложные - из различных видов ЛРС, иногда с добавлением ЛВ.
- Сырье: чаще высушенный РМ, иногда — свежее сырье.
- Методы получения: мацерации, мацерации с использованием турбоэкстракции, циркуляции экстрагента, дробной мацерации, перколяции, растворением густых и сухих экстрактов.
- Экстрагент: этанол 40 - 95 %.
- Обычно из 1 м ч несильнодействующего ЛРС - 5 об ч готового продукта (1:5),
- 1 м ч сильнодействующего ЛРС - 10 об ч (1:10)
- Исключения: 1:10 настои арники, боярышника, календулы и др.

Технология настоек

- Основные стадии:
- подготовка ЛРС (подсушивание, измельчение, удаление пыли) и экстрагента (разведение этанола до нужной концентрации),
- экстрагирование лекарственных веществ из растительного материала (растворение густых или сухих экстрактов),
 - При получении настоек методом мацерации РМ истощается не полностью, особенно, когда объем экстрагента ограничен, поэтому используются его модификации, а также метод перколяции. (Растворением сухого экстракта - настойка чилибухи), растворением густого экстракта солодки - грудной эликсир).
- очистка извлечения - отстаивание в течение нескольких дней при температуре не выше 8 °С.
 - Коагуляция и выпадение в осадок ВМС и механических включений.
 - Отстоявшуюся вытяжку сливают и фильтруют через друк- или пресс-фильтры, (нутч-фильтры не используют из-за возможной потери экстрагента)
- стандартизация готового продукта
 - содержание этанола, действующих или экстрактивных веществ, тяжелые металлы (не более 0,001 %), микробиологическая чистота

Показатели качества настоек

- Содержание действующих веществ
 - Химически: алкалоиды, эфирные масла, дубильные вещества
 - биологическими методами: сердечные гликозиды, горькие вещества.

Если количество действующих веществ в настойке выше нормы или большей биологической активности, их разбавляют чистым экстрагентом или более слабой настойкой.

При содержании действующих веществ ниже нормы, укрепляют добавлением более концентрированной настойки.

- Органолептические признаки: цвет, запах, присутствие осадка
- Плотность: по ГФ X1
- Сухой остаток (экстрактивные вещества)
- Тяжелые металлы
- Содержание этанола
 - по температуре кипения
 - методом дистилляции с последующим определением плотности отгона пикнометром (ГФ XI).

Хранение настоек

(аспекты стабильности)

- в хорошо закрытых бутылках, в защищенном от света месте.
- На свету многие настойки меняют цвет — светлеют в результате проходящих в них окислительно-восстановительных процессов, активируемых прямыми солнечными лучами
- при температуре 8 °С - 15 °С, . во избежание отстаивания извлечений (образование осадков)
- С течением времени осадки могут появиться и при соблюдении правил хранения — настойки «стареют». Это связано с изменением растворимости биологически активных веществ и образованием нерастворимых соединений, в результате взаимодействия присутствующих в настойках веществ.
- На образование осадков, кроме кислорода воздуха и света, оказывает влияние наличие ферментов, температурный режим отстаивания и т.д. В осадке могут содержаться сахара, дубильные вещества, органические кислоты, пигменты, следы алкалоидов, гликозидов . Настойки с осадком отфильтровывают и вновь стандартизуют В случае соответствия числовых показателей требованиям НД их разрешают применять.

Частные случаи настоек

- Настойка мяты перечной (*Tinctura Menthae piperitae*).
 - *Состав*: листьев мяты 100,0 г, масла мяты 50,0 г, этанола 90 % до 1000 мл.
 - метод дробной мацерации. в 950 мл извлечения растворяют 50,0 г масла мяты и доводят до объема 1 л 90 % этанолом.
- Настойка горькая (*Tinctura amara*).
 - *Состав*: травы золототысячника 60,0 г, листьев трифоли 60,0 г, корневищ аира 30,0 г, травы полыни горькой 30,0 г, кожуры мандарина 15,0 г, этанола 40 % до 1000 мл.
 - Каждый вида сырья измельчают в отдельности, получают однородную смесь и экстрагируют ее в экстракторе методом перколяции.
- Эликсир грудной (*Elixir pectoralae*) или лакричный (*Elixir cum extracta Glycyrrhizae*)
 - Получают путем растворения экстракта солодки густого или сухого в воде аммиачной (в течение 2 сут), с последующим добавлением раствора эфирного масла анисового в 90 % этаноле.

ЭКСТРАКТЫ

- Экстракты (от лат *extractum* — вытяжка, извлекать, вытягивать) — это концентрированные вытяжки из ЛРС, известны за несколько тысячелетий до нашей эры.
- По экстрагенту:
 - водные (*extracta aquosa*),
 - спиртовые (*extracta spirituosa*),
 - эфирные (*extracta aetherea*),
 - масляные (*extracta oleosa*).
 - Экстракты-концентраты стандартизированные для изготовления настоев и отваров.
- По консистенции:
 - жидкие (*extracta fluida*) - подвижные концентрированные водно-этанольные извлечения из лекарственного растительного сырья
 - густые (*extracta spissa*) - вязкие массы, содержащие не более 25 % влаги;
 - сухие (*extracta sicca*) - сыпучие или пористые, губчатые массы, содержащие до 5 % влаги

Технология экстрактов

- экстрагирование ЛРС
 - Состав целевых компонентов определяет выбор экстрагента, который определяет метод экстрагирования (всю технологию)
 - Экстрагенты: вода, этанол различной концентрации, органические растворители, растительные и минеральные масла
 - Методы: дробной мацерации, в различных модификациях, перколяции, реперколяции, противоточного и циркуляционного экстрагирования и т. д.
- очистка полученного извлечения (от сопутствующих ВМС – слизи, пектины, крахмал, углеводы)
 - Кипячение,
 - отстаивание в присутствии сорбентов (тальк, каолин, бентонит)
 - Спиртоочистка - обработка упаренной до сиропообразной консистенции водной вытяжки этанолом (не ниже 60 %) *вызывающая* дегидратацию полимеров с последующей коагуляцией и выпадением в осадок
- выпаривание,
- сушка,
- стандартизация

Водные экстракты

- экстракт корня солодкового густой(сухой) - *Extractum Glycyrrhizae spissum(siccum)*
 - Метод: бисмацерация и противоточная экстракция (в обогреваемой батарее)
 - Экстрагент: 0,25 % водный раствор аммиака (для перевода МР в холодной воде кислоты глицирризиновой в ХР аммониевую соль)
 - Очистка: кипячение с последующим отстаиванием с сорбентами
 - Сгущение: в вакуум-выпарной аппаратуре при температуре 50-60 °С.
 - Сушка: в вакуум-вальцовых сушилках, измельчение в шаровых мельницах
- экстракт одуванчика густой - *Extractum Taraxaci spissum*,
 - Метод: бисмацерация
 - Экстрагент: вода (с 0,5 % хлороформа в качестве консерванта)
 - Очистка: настаивание при комнатной температуре с сорбентами
- экстракт трилистника водяного густой - *Extractum Menyanthidis spissum*,
 - Метод: бисмацерация
 - Экстрагент: кипящая вода (инактивация ферментов и полноты извлечения гликозида - мениантина)
 - Очистка: настаивание при комнатной температуре с сорбентами
- экстракт полыни горькой густой *Extractum Absinthii spissum*.
 - Метод: перколяция и дробная мацерация с циркуляцией экстрагента (первый слив сразу упаривают в вакуум-выпарном аппарате до консистенции густого экстракта, два последующих — до 1/3 первоначального объема, центрифугируют и упаривают. Все объединяют)
 - Экстрагент: вода (0,5 % хлороформ - консерванта)

Спиртовые экстракты

- По консистенции: жидкие, густые и сухие
- Методы: перколяции, реперколяции, дробной мацерации по принципу противотока и противоточного экстрагирования (противоточные методы предпочтительнее для жидких экстрактов, т.к. не надо упаривать вытяжку)
- Экстрагент:
 - для жидких этанол от 30 до 90 %, чаще 70%,
 - для густых и сухих спирты: амиловый, пропанол, редко метанол (затем удаляются)
 - для полного истощения РМ при перколировании берут 7-9-кратное количество экстрагента.
 - Жидкий экстракт 1:1 означает что в 1 об ч готового продукта содержится столько же действующих веществ, сколько в 1 м ч ЛРС
- Очистка жидких экстрактов: как настоек - отстаиванием при температуре не выше 8 °С в хорошо закрытых емкостях, с последующим фильтрованием осветленной жидкости через пресс-фильтр.
- Очистка вытяжек для густых и сухих экстрактов:
 - аналогично водным извлечениям - кипячением с добавлением адсорбирующих веществ или без них,
 - если экстрагирование проводилось слабым этанолом (20—40 %) и в вытяжках много ВМС (водорастворимых белков, сахаров, ферментов) -обработкой крепким этанолом,
 - путем замены растворителя - к упаренной вытяжке добавляют воду растворимые в этаноле побочные продукты (хлорофилл, смолистые вещества и некоторые другие) выпадают в осадок.
 - Вытяжку отстаивают, фильтруют или центрифугируют и затем упаривают до нужной концентрации

- Стандартизация:
 - **жидкие экстракты:** по содержанию этанола, определение которого проводят дистилляционным методом, приведенным в ГФ XI действующих веществ, сухому остатку, плотности
 - **густые и сухие экстракты:** по содержанию влаги и действующих веществ. Экстракты, не соответствующие требованиям НТД по содержанию действующих веществ доводят до стандарта смешиванием с одноименным экстрактом или (при необходимости) разбавляют каким-либо индифферентным веществом густые экстракты - декстрином, сахаром свекловичным, патокой; сухие - сахаром молочным, глюкозой и т.д.
- Жидкие экстракты получили наиболее широкое применение в медицине. Они имеют ряд преимуществ, их легко и быстро дозировать пипеткой или бюреткой; производство жидких экстрактов более простое; полученное извлечение или концентрированная часть его (в зависимости от способа экстрагирования) не подвергаются тепловой обработке, что в большей степени обеспечивает нативность действующих веществ
- Густые экстракты быстро подвергаются разложению под действием микроорганизмов, их трудно дозировать (отвешивать)
- Сухие экстракты большей частью гигроскопичны. Многие из них отсыревают в процессе производства и во время хранения. Достаточно 1—2 раза открыть банку с сухим экстрактом, как он набирает влагу, сбивается в комки, прилипает к стенкам, дозировать его невозможно
- В связи с этим проводится поиск методов устранения их гигроскопичности. Установлено, что этанол разной концентрации существенно влияет на гигроскопичность экстрактов, следовательно, необходимо подбирать такой экстрагент, который не извлекал бы гигроскопичные побочные вещества.

Эфирный экстракт

- Получают один эфирный экстракт густой из корневищ папоротника мужского Extractum Filicis mars aethereum
- Метод циркуляционного экстрагирования в аппарате «Сокслет».
- Экстрагент: этиловый эфир (а так же неогнеопасные - дихлорэтан и ЧХУ)
- Стандартизация
 - Филицин (гидрофобный комплекс фенольных соединений)
 - Сырого филицина 25-28 %. При большем содержании филицина экстракт разбавляют маслом подсолнечным, парафином жидким или экстрактом с меньшим содержанием филицина. Экстракт с меньшим содержанием филицина укрепляют путем смешивания с более концентрированным.
- Хранение: в хорошо закупоренной таре, в защищенном от света месте, список Б
 - При хранении возможно загущение, и кристаллизация филицина (пред употреблением препарат разогревают на водяной бане и перемешивают)
- Применяют в сочетании с солевым слабительным против ленточных глистов.

Масляные экстракты

- Масляные экстракты (медицинские масла) — это извлечения из лекарственного растительного сырья, приготовленные с использованием растительных или минеральных масел.
- В настоящее время в медицинской практике применяют масляные экстракты из листьев белены (масло беленное), травы зверобоя, плодов шиповника (масло шиповника) и облепихи (масло облепиховое).
- Экстрагирование РМ:
 - метод мацерации подогретыми до температуры 60-70° маслами,
 - метод противоточного экстрагирования - 70 % этанолом или другими органическими растворителями.
- **Масляный экстракт травы зверобоя** (Extractum Hyperici oleosum)
 - мацерация с 10-кратным количеством растительного или минерального масла при нагревании. Полученное извлечение фильтруют и определяют наличие производных антрацена.

Беленное масло (Oleum Hyoscyami) –

- Методом мацерации:
 - 100,0 г листьев белены с содержанием не менее 0,05 % алкалоидов смачивают смесью, состоящей из 75 мл 95 % этанола и 3 мл 10 % раствора аммиака, настаивают при комнатной температуре в течение 12 ч. Содержащиеся в листьях МР в масле соли алкалоидов переходят в ХР основания.
 - Затем в обработанную массу добавляют масло подсолнечное и безводный натрия сульфат. Смесью нагревают в варочном котле до 50-60 °С при постоянном перемешивании (до удаления этанола и аммиака).
 - вытяжку процеживают через марлю, сырье отжимают на прессе и вытяжки объединяют.
 - Очистка: отстаивание 48 ч при 8 °С, повторно процеживают через двойной слой марли. Метод недостаточно эффективен.
- Методом противоточного экстрагирования:
 - экстрагент: смесь 70 % этанола с 10 % раствором аммиака (экстрагирование до полного истощения сырья)
 - вытяжку процеживают, фильтруют, смешивают 1:1 с растительным маслом (подсолнечное или хлопковое)
 - в вакуум-выпарном аппарате отгоняют этанол (без вакуума), затем при разрежении (79993,2—86659,3 Н/м²) и 80—85 °С отгоняют воду.
 - К полученному экстракту добавляют растительное масло, перемешивают, отстаивают 4-5 сут. прозрачный слой масла декантируют, а мутный - фильтруют через нутч-фильтр. Обе порции экстракта объединяют и определяют выход и подлинность препарата.
 - Масло белены разливают в стеклянные бутылки по 15-18 кг. Хранят в прохладном месте.

- **Масляный экстракт из плодов шиповника**
(Extractum Rosae oleosum)
 - Сырье: отходы после получения витамина С и Р - сухой жом мякоти плодов шиповника, очищенный от семян
 - Мацерация с растительным маслом (подсолнечное, соевое и др.) при температуре 60-70 °С. Очистка - фильтрование.
 - или Противоточное экстрагирование - дихлорэтаном или метиленом хлористым.
 - Экстрагент полностью удаляют из вытяжки, а оставшуюся массу растворяют в растительном масле.
 - Стандартизация по содержанию каротиноидов, которых должно быть не менее 1,2 г/л.
- **Масло шиповника** (Oleum Rosae)
 - Сырье: семена шиповника
 - Противоточное экстрагирование в аппарате «Сокслет», с последующим удалением растворителя отгонкой под вакуумом.
 - Стандартизация: α - и β -токоферолов - не менее 0,4 г/л, каротиноидов - не менее 0,5 г/л. Кислотное число - не более 5,5.

Масло облепихи (Oleum Hipporphaeae)

- Методом противоточного экстрагирования в батарее экстракторов
 - Сырье - сухой жом плодов облепихи после отделения сока.
 - Сухой жом в мешках из фильтрующей ткани загружают в предварительно нагретые экстракторы. В первом экстракторе сырье настаивают с маслом подсолнечным при 60—65 °С - 1,5 ч, - вытяжку из первого подают на сырье во второй экстрактор, а в первый поступает чистый экстрагент и т.д.
 - Готовый продукт получают из последнего экстрактора и в это время из первого сливают отработанное масло подсолнечное, называемое «концевое» и выгружают шрот.
 - В первый экстрактор на новую порцию сырья поступает вытяжка из последнего экстрактора, а свежий экстрагент подают на сырье во второй экстрактор. Следующую порцию готового продукта получают теперь из первого экстрактора и т.д.
 - Каждый раз количество готового продукта, так называемого «диффузионного» масла, должно соответствовать массе сырья в экстракторе.
 - Вытяжки объединяют и стандартизуют: каротина и каротиноидов не менее 0,18 %, токоферолов - не менее 0,11 %, кислотное число - не более 14,5.
 - Если масло не соответствует требованиям стандарта его купажируют с «концевыми маслами»
 - Очистка: фильтрование.
- Методом циркуляционного экстрагирования
 - Сырье - мякоть плодов облепихи без семян или отдельно семена.
 - Экстрагент - метилен хлористый при 40 °С. (экстрагент отгоняется полностью в вакуум-выпарном аппарате в среде CO₂ в присутствии небольшого количества воды.
 - стандартизуют по тем же показателям
 - «+» высокий выход масла с повышенным содержанием каротиноидов и меньшим количеством свободных жирных кислот

Стандартизованные экстракты-концентраты

- особая группа жидких и сухих экстрактов содержащих действующие вещества в количестве, равном их содержанию в исходном ЛРС и предназначенная для быстрого изготовления настоев и отваров в аптеке
- Жидкие экстракты 1:2 - из 1 м ч РМ 2 об ч жидкого , сухие — 1:1 из 1 м ч РМ 1 м ч сухого экстракта.
- Экстрагент: этанол 20 - 40 %, (чтобы приблизить ЭКС по составу экстрагируемых веществ к водным извлечениям и обеспечить микробиологическую чистоту препарата.
- Технология: экстрагирование ЛРС, очистка извлечения, выпаривание и сушка, стандартизация.
- Экстрагирование ЛРС проводится до максимального истощения РМ методами перколяции, противоточной дробной мацерации
- Очистка: отстаивание и фильтрование отстоявшегося извлечения.
- Выпаривание и сушка:
 - Извлечения для жидких экстрактов как правило не упаривают (только при получении жидких экстрактов методом реперколяции с законченным циклом)
 - Извлечение для сухих экстрактов упаривают и сушат под вакуумом при температуре 50-60 °С, сухую массу измельчают в шаровой мельнице, также используют лиофильную (распылительную) сушку
- Стандартизация по содержанию действующих веществ или биологической активности,
 - жидкие экстракты - по сухому остатку и содержанию этанола,
 - сухие по содержанию влаги В качестве разбавителей жидких экстрактов применяется этанол; наполнителями для сухих экстрактов служат лактоза и декстрин.

Рекуперация спирта из шрота

В отработанном ЛРС, после экстрагирования остается 2-3 объема экстрагента по отношению к массе от лат. *recuperatio* — возвращение, получение вновь - технологический прием, осуществляемый с целью возвращения в производство части ценных растворителей из отработанного сырья, конденсатов и т. д.

Методы рекуперации:

ВЫМЫВАНИЕ ВОДОЙ

- Сырье отжимают на прессе
 - вытяжка в основной производственный процесс
- Шрот заливают водой на 1,5 ч
- Со скоростью перколяции получают промывные воды (для 70% - 5 объемов, для 40% - 3 объема)
 - Промывные воды 5-30% этанола на приготовление экстрагента путем разведения крепкого спирта
- Укрепление этанола – простая перегонка

Перегонка с водяным паром

- В перколятор после экстрагирования и полного слива вытяжки на шрот подают острый пар, глухим паром обогревают перколятор снаружи
- Спирт закипает и с парами воды направляется в теплообменник, конденсируется в отгон
 - Как экстрагент при достаточной концентрации
 - Для приготовления экстрагентов для того же сырья

ВИДЫ перегонки

Простая перегонка

- Простая – однократное частичное испарение жидкой смеси и конденсация образующихся паров.
 - «-» нельзя получить чистые компоненты разделяемой смеси. Применение: для предварительного грубого разделения жидких компонентов, а также для очистки сложных смесей от нежелательных примесей
- простая;
- фракционная перегонка
 - простая перегонка с дефлегмацией
 - перегонка с водяным паром

ректификация

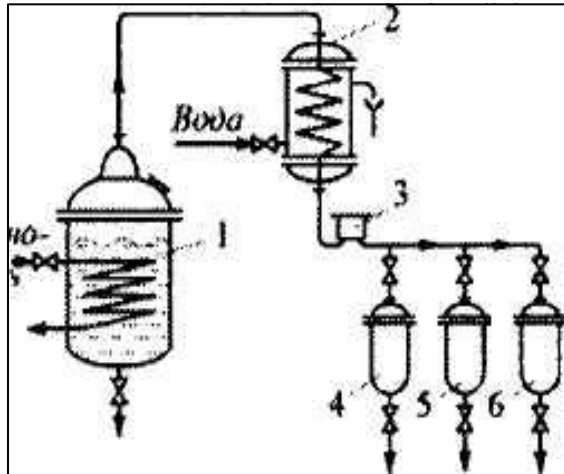
Процесс ректификации осуществляется в колонном контактном аппарате. При каждом контакте из жидкости испаряется преимущественно НК, которым обогащаются пары, а из паров конденсируется преимущественно ВК, обогащая жидкость.

Такой двухсторонний обмен компонентами, повторяемый многократно, позволяет получить в конечном счете пары (почти чистый НК), а при конденсации в теплообменнике, имеющем специфическое название - дефлегматор, - жидкость: дистиллят и флегму.

Флегму направляют обратно в колонный аппарат для взаимодействия с паровым потоком, поднимающимся из кубовой части аппарата.

Фракционная перегонка

Простая перегонка, проводимая с получением
кта разного состава, называется

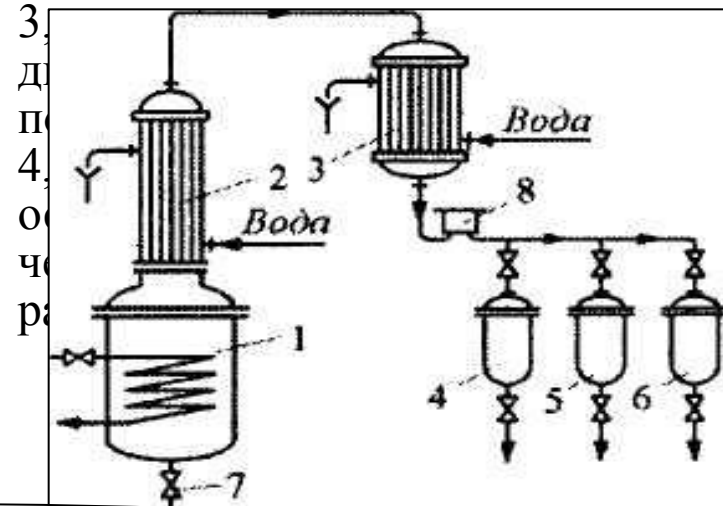


Исходную смесь загружают в перегонный куб 1, снабженный змеевиком для обогрева, и доводят до кипения. Образованные пары конденсируются в конденсаторе-холодильнике 2 и поступают в смотровой фонарь

Простая перегонка с дефлегмацией

пары, поступающие в дефлегматор 2, частично конденсируются (преимущественно ВК, обогащая тем самым пары НК).

Получаемый конденсат (флегма) сливается в куб 1, а пары - в конденсатор 3, а затем



– Перегонка с водяным паром

- При пропускании через слой исходной жидкости насыщенного или перегретого водяного пара происходит диффузия молекул вещества в пар, т.е. частичное испарение летучего компонента (ЛК) жидкости в водяной пар.
 - Смесь водяного пара и ЛК подвергается конденсации и охлаждению.
 - Если этот компонент в жидком состоянии практически не растворяется в холодной воде, то конденсат разделяется на два слоя, которые легко отделяются друг от друга
- «-» только в случае обязательного выделения из относительно нелетучей среды летучих компонентов, не смешивающихся с водой при нормальной температуре.
- «+» снижение температуры кипения исходной жидкости, т.е. возможность перегонки при температурах ниже нормальной температуры кипения перегоняемой жидкости (для термолабильных компонентов)

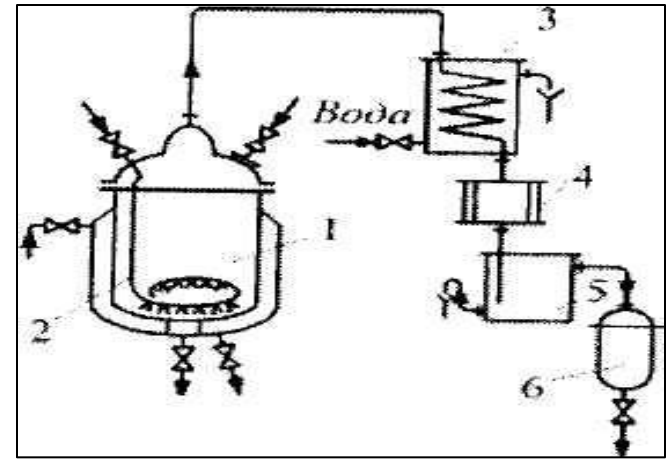
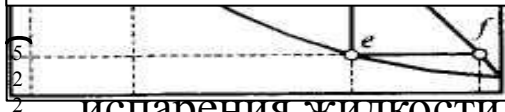


Схема
установки
для
перегонки
с водяным
паром:

1. куб с паровой рубашкой;
2. барботер для острого пара;

При нагреве смеси состав температуры получим находящийся в равновесии с жидкостью пар (точка *B*). Отбор и конденсация этого пара



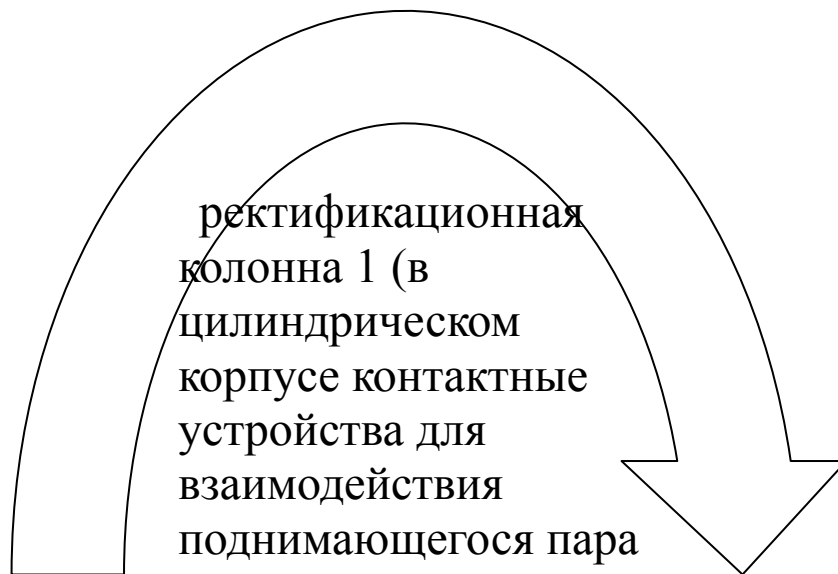
испарения жидкости и конденсации паров, многократного повторения процесса в

более экономичное, полное и четкое разделение смесей на компоненты достигается в ректификационных колоннах.

Для осуществления процесса ректификации необходимы наличие встречных потоков паров и жидкости и их полный контакт

в аппаратах, разделенных на секции горизонтальными перегородками-тарелками или насадкой. В таких аппаратах навстречу стекающей жидкости поднимается поток паров, а контактирование происходит на каждом

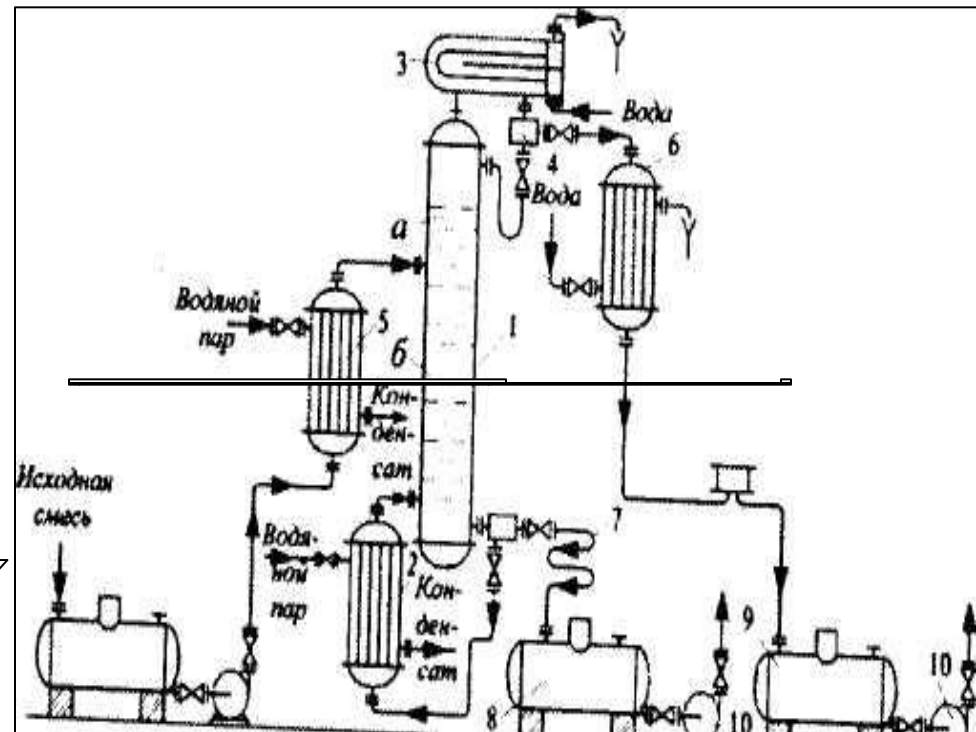
Непрерывнодействующие ректификационные установки



ректификационная колонна 1 (в цилиндрическом корпусе контактные устройства для взаимодействия поднимающегося пара и стекающей вниз жидкости)

Кипятильник (выносной или встроенный) 2 создает восходящий поток пара состоящий из ВК, по мере движения вверх обогащается НК.

в теплообменнике-дефлегматоре 3 (охлаждаются водой)



1 ректификационная колонна (а - укрепляющая и б — исчерпывающая части);

2 - кипятильник;

3 - дефлегматор;

4 - делитель флегмы;

5 - подогреватель исходной смеси;

6 - холодильник дистиллята (холодильник-конденсатор);

7 - холодильник остатка (нижнего продукта);

8 9 - сборники;

Периодически действующие установки

• Ректификационные колонны периодического действия, используют для разделения небольшого количества жидкой смеси.

- Исходную смесь загружают в куб 1 колонны 2, где она нагревается до кипения.
- Образующиеся пары при испарении поднимаются по колонне 2, обогащаясь НК.
- Стекающая сверху вниз флегма, образованная при конденсации пара в дефлегматоре 3, обогащается ВК.
- О завершении процесса судят по достижении заданного состава в кубе.
- Практически содержание НК в кубовой жидкости однозначно определяют по температуре кипения.
- Таким образом, колонна периодического действия представляет собой укрепляющую часть непрерывной ректификационной колонны.

Схема установки

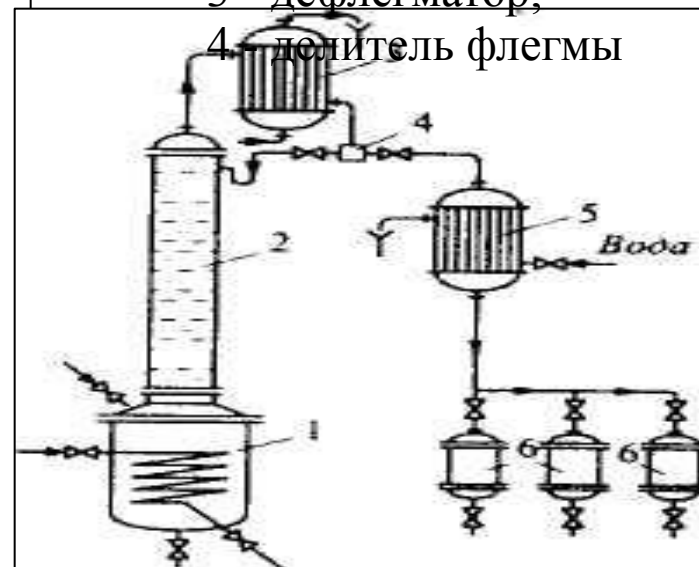
периодического действия:

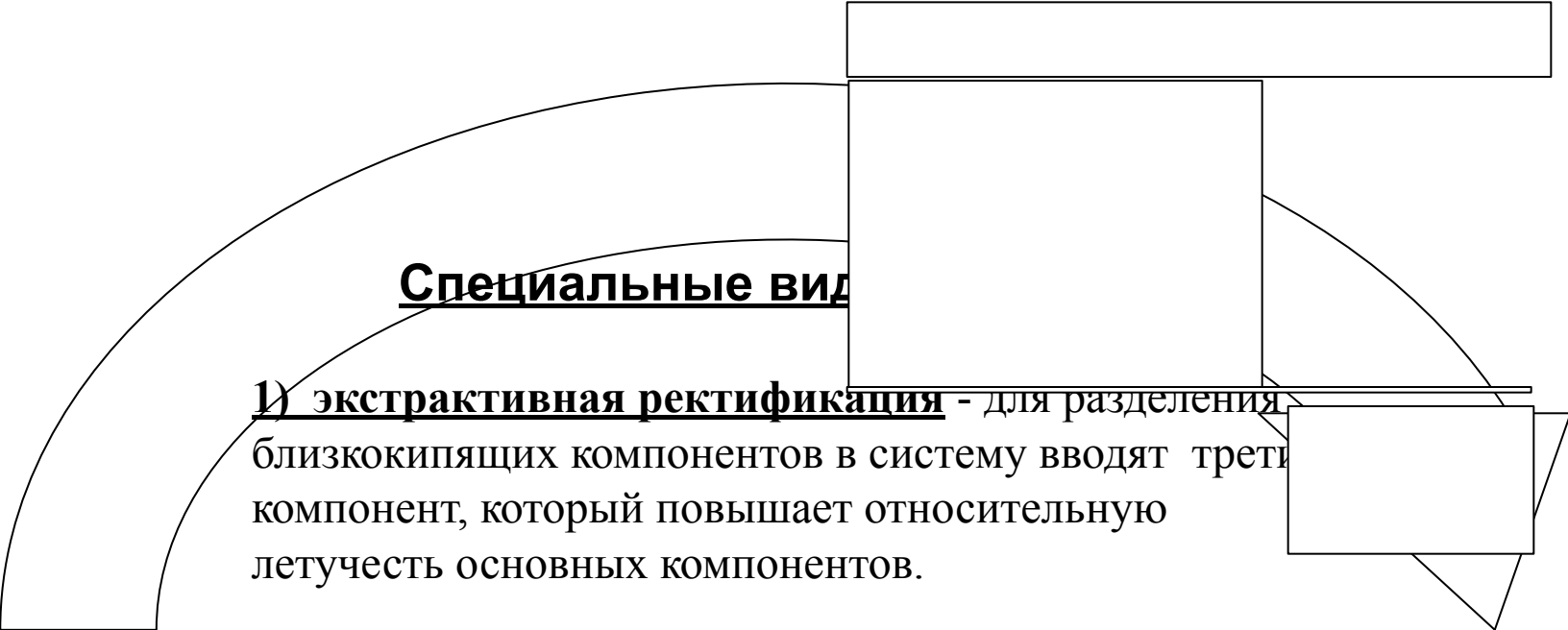
1 - куб;

2 – ректификационная колонна;

3 - дефлегматор;

4 - делитель флегмы





Специальные виды

1) экстрактивная ректификация - для разделения близкокипящих компонентов в систему вводят третий компонент, который повышает относительную летучесть основных компонентов.

2) азеотропная ректификация основана также на введении в систему третьего компонента, для образования тройной (или двойной, но иного состава) азеотропной смеси, при разделении которой на достаточном количестве тарелок, можно выделить основной компонент в чистом виде;

3) молекулярная дистилляция – осуществляется в вакууме при котором ослабевают силы взаимного притяжения молекул и увеличивается длина свободного пробега. Если расстояние между поверхностями испарения и конденсации меньше длины свободного пробега молекул, то сгущаемый