

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Лазаренко Виктор Анатольевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 16.03.2023 13:48:58  
Уникальный программный ключ:  
45c319b8a032ab3637134215abd1c475334767f4

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Курский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России)**

**УТВЕРЖДЕНО**

на заседании кафедры биологической и  
химической технологии

протокол № 11 от «28» мая 2018г.  
заведующий кафедрой биологической и  
химической технологии

профессор  Лазурина Л.П.

**УТВЕРЖДЕНО**

на заседании методического совета  
фармацевтического и биотехнологического  
факультетов

протокол № 5 от «29» июня 2018 г.  
председатель методического совета  
фармацевтического и биотехнологического  
факультетов

доцент  Дроздова И.Л.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
по массообменным процессам в биотехнологии**

Факультет биотехнологический  
Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология  
Направленность Биотехнология биологически активных веществ  
Курс – 3 Семестр – 6  
Трудоемкость (з.е.) - 3  
Количество часов: всего - 108  
Форма промежуточной аттестации – зачет

**Разработчики рабочей программы:** зав. каф. биологической и химической технологии,  
д.б.н., профессор Лазурина Л.П., доцент кафедры, к.т.н., Джанчатова Н.В.

**Курск – 2018**

Рабочая программа дисциплины Массообменные процессы в биотехнологии разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Основная цель преподавания дисциплины - формирование профессиональных компетенций и приобретение студентами знаний в области основных массообменных процессов биотехнологии, оценки эффективности производства, оптимизации биотехнологических схем, рационального выбора конструкции и научного расчета машин и аппаратов биотехнологии, а также методов целесообразной промышленной эксплуатации производственного оборудования для достижения максимальной производительности при минимальных затратах.

Задачи дисциплины:

- изучение студентами и приобретение знаний о физико-химических закономерностях и кинетике массообменных процессов и аппаратов биотехнологии, основных методах расчета типовых аппаратов биотехнологии, конструкции аппаратов и принципиальных схемах основных процессов биотехнологии;
- формирование у студентов умений пользоваться лабораторным оборудованием с соблюдением правил техники безопасности для проведения научно-исследовательских работ по моделированию, масштабированию и оптимизации биотехнологических схем, изучению процессов, протекающих в биореакторах и на стадиях переработки связанных с выделением и очисткой целевого продукта
- умение анализировать полученные данные результатов исследований и использовать полученные знания для интенсификации процессов, совершенствования конструкции аппаратов
- формирование навыков аналитической работы с информацией (учебной, научной, нормативно-справочной литературой и другими источниками), с информационными технологиями.

### **2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы**

Дисциплина массообменные процессы в биотехнологии относится к вариативной части образовательной программы (дисциплина по выбору)

Процесс изучения дисциплины обеспечивает достижение планируемых результатов освоения образовательной программы и направлен на формирование следующих компетенций:

<b>Компетенция</b>		<b>Логическая связь с дисциплинами учебного плана</b>
<b>код</b>	<b>формулировка</b>	
ПК-2	Способность к реализации и управлению биотехнологическими процессами	<p>Процессы и аппараты биотехнологических производств;</p> <p>Основы биотехнологии;</p> <p>Теоретические основы биотехнологии;</p> <p>Системы управления биотехнологическими процессами;</p> <p>Электротехника и промышленная электроника;</p> <p>Технологические критерии эффективности биотехнологического производства;</p> <p>Биомедицинские системы и технологии;</p> <p>Медико-экологические информационные технологии</p>
ПК-9	Способность проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов	<p>Процессы и аппараты биотехнологических производств;</p> <p>Промышленная технология лекарств;</p> <p>Технология биологически активных веществ;</p> <p>Материаловедение в биотехнологии;</p> <p>Метрология, стандартизация и сертификация биотехнологической продукции;</p> <p>Управление качеством биотехнологической продукции</p>

### Содержание компетенций (этапов формирования компетенций)

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этапы формирования и индикаторы достижения компетенции		
		Знает	Умеет	Владеет (имеет практический опыт)
1	2	3	4	5
<b>ПК-2</b>	Способность к реализации и управлению биотехнологическими процессами	- основные принципы организации биотехнологического процесса, его иерархическую структуру	- оценивать основные технологические параметры биотехнологического процесса и выбирать рациональную схему производства	- методами оценки технологических параметров биотехнологического производства
<b>ПК-9</b>	Способность проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов	- основные стандарты производства сырья, готовой продукции и технологических процессов - методы контроля качества новых образцов изделий, узлов и деталей	- работать со стандартными и сертификационными документами и использовать их	- навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний сырья, готовой продукции и технологических процессов

### 3. Разделы (темы) дисциплины и компетенции, которые формируются при их изучении:

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Код компетенций
Массообменные процессы биотехнологии	Массообменные процессы, основы массопередачи. Массопередача и потребление кислорода при ферментации. Абсорбция. Дистилляция. Перегонка. Ректификация. Адсорбция. Экстракция. Кристаллизация. Сушка.	ПК-2, ПК-9
Массообменные аппараты биотехнологии	Классификация массообменных аппаратов и их назначение. Ферментаторы. Абсорберы. Дистилляторы. Перегонные аппараты. Ректификационные колонны. Адсорберы. Экстракционные колонны. Кристаллизаторы. Сушиллки.	ПК-2, ПК-9

#### 4. Учебно-тематический план дисциплины (в академических часах)

Наименование раздела дисциплины	Контактная работа		Внеаудиторная (самостоятельная) работа студента (часы)	Итого часов	Используемые образовательные технологии, способы и методы обучения		Формы текущего и рубежного контроля успеваемости	
	Всего	Из них			Традиционные	Интерактивные		
		Лекции						Практические занятия
Массообменные процессы биотехнологии	28	10	18	28	56	ЛТ СИ ЛР ПЗ УИРС НИРС	С ЛР Т КЗ	
Массообменные аппараты биотехнологии	24	8	16	26	50	ЛТ СИ ЛР ПЗ УИРС НИРС	С ЛР Т КЗ	
<b>Зачет</b>	2	-	2	-	<b>2</b>		<b>Т, Пр., С</b>	
<b>ИТОГО:</b>	<b>54</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>108</b>			

#### 4.1 Используемые образовательные технологии, способы и методы обучения

<b>ЛТ</b>	традиционная лекция	<b>СИ</b>	самостоятельное изучение тем, отраженных в программе, но не рассмотренных в аудиторных занятиях
<b>ЛР</b>	лабораторная работа	<b>НИРС</b>	научно-исследовательская работа студентов
<b>ПЗ</b>	практическое занятие	<b>УИРС</b>	учебно-исследовательская работа студента (составление информационного обзора литературы по предложенной тематике, подготовка реферата, подготовка эссе, доклада, написание курсовой работы, подготовка учебных схем, таблиц)

#### 4.2 Формы текущего и рубежного контроля успеваемости

<b>КЗ</b>	комплексная оценка знаний	<b>С</b>	оценка по результатам собеседования (устный опрос)
<b>ЛР</b>	защита лабораторных работ	<b>Т</b>	тестирование
<b>Пр</b>	оценка освоения практических навыков (умений, владений)		

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература

1. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. — 544 с. — 978-5-93808-290-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67350.html>
2. Разинов А.И. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Разинов, А.В. Клинов, Г.С. Дьяконов. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 860 с. — 978-5-7882-2154-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75637.html>

### Дополнительная литература

1. Массообменные процессы в химической и пищевой технологии : Лабораторные и практические занятия : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки: "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в хим. технологии, нефтехимии и биотехнологии" (профиль "Машины и аппараты хим. производств"), "Технол. машины и оборудование" (профиль "Машины и аппараты пищевых производств" / Л. М. Титова, И. Ю. Алексанян, А. Х. Х. Нугманов. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. - 224 с
2. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. для студентов хим.-технол. специальностей вузов / А. Г. Касаткин. - Стер. изд. Перепеч. с изд. 1973 г. - М. : Альянс, 2014. - 750 с. : рис., табл.
3. Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по дисциплине "Процессы и аппараты химической технологии". Расчет кожухотрубчатых теплообменников [Электронный ресурс] / Курск. гос. мед. ун-т, каф. биол. и хим. технологий ; сост. : Е. М. Кувардина, Л. П. Лазурина. - Электрон. дан. - Курск : КГМУ, 2008. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - Систем. требования: Windows 98/2000/XP и выше ; Дискковод CD-ROM. - Загл. [Информрегистр]: Процессы и аппараты химической технологии. - № гос. регистрации 0320802521 URL: [http://library.kursksmu.net/cgi-bin/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&I21DBN=MIXED&P21DBN=MIXED&S21STN=1&S21REF=3&S21FMT=fullweb&C21COM=S&S21CNR=10&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=I&S21STR=66%2FM%2054-777608](http://library.kursksmu.net/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&I21DBN=MIXED&P21DBN=MIXED&S21STN=1&S21REF=3&S21FMT=fullweb&C21COM=S&S21CNR=10&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=I&S21STR=66%2FM%2054-777608)

### Периодические издания (журналы)

1. Химико-фармацевтический журнал

### Электронное информационное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» <https://elibrary.ru/>
2. Консультант плюс [https://kurskmed.com/department/library/page/Consultant\\_Plus](https://kurskmed.com/department/library/page/Consultant_Plus)
3. База данных международного индекса научного цитирования «WEB OF SCIENCE» <http://www.webofscience.com/>
4. Полнотекстовой базе данных «Medline Complete» <http://search.ebscohost.com/>
5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» <https://cyberleninka.ru/>

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1.	Российская Федерация, 305041, г. Курск, ул. Ямская, д. 18, 2 этаж, каб. №209	<b>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> специализированная мебель (учебная мебель, доска, трибуна лекторская); технические средства обучения и демонстрационное оборудование (проектор, ноутбук, экран); учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации.	1. Программа для создания тестов — Adit Testdesk, договор № 444 от 22.06.2010 2. Программа для организации дистанционного обучения — ISpring Suite 7.1, договор № 652 от 21.09.2015 3. Пакет офисного ПО – Microsoft Win Office Pro Plus 2010 RUS OLP NL, договор № 548 от 16.08.2010 4. Операционная система — Microsoft Win Pro 7, договор № 904 от 24.12.2010 5. Антивирус – Kaspersky Endpoint Security, договор № 832 от 15.10.2018
2.	Российская Федерация, 305041, г. Курск, ул. Ямская, д. 18, 2 этаж, каб. №213	<b>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> специализированная мебель (учебная мебель, стол лабораторный химический).	-
3.	Российская Федерация, 305041, г. Курск, ул. Ямская, д. 18, 2 этаж, каб. №222 (лаборатория)	<b>Лаборатории, оснащенные лабораторным оборудованием:</b> специализированная мебель (учебная мебель, доска ученическая, стол компьютерный); технические средства обучения (компьютеры).	1. Программа для создания тестов — Adit Testdesk, договор № 444 от 22.06.2010 2. Программа для организации дистанционного обучения — ISpring Suite 7.1, договор № 652 от 21.09.2015 3. Пакет офисного ПО – Microsoft Win Office Pro Plus 2010 RUS OLP NL, договор № 548 от 16.08.2010 4. Операционная система — Microsoft Win Pro 7, договор № 904 от 24.12.2010 5. Антивирус – Kaspersky Endpoint Security, договор № 832 от 15.10.2018



## 7. Оценочные средства

### Вопросы для устной части зачёта

1. Классификация основных технологических процессов
2. Общие принципы анализа и расчетов процессов и аппаратов
3. Критерии подобия. Этапы исследования процессов методом теории подобия.
4. Теоремы подобия и их назначение
5. Понятие массопередачи и массотдачи
6. Технологическая связь между реакционными и разделительными аппаратами
7. Основные виды процессов в разделительных аппаратах
8. Классификация массообменных процессов
9. Механизм массопередачи. Схема массообмена между фазами.
10. Движущая сила массообменных процессов
11. Материальный баланс при массопередаче
12. Рабочая линия массообменного процесса. Направление массопередачи
13. Первый закон Фика
14. Закон массопередачи Шукарева
15. Коэффициент массоотдачи
16. Критериальные уравнения массоотдачи
17. Физический смысл массообменных критериев: Нуссельта, Фурье, Пекле, Прандтля.
18. Основные положения и следствия теории массообмена Льюиса и Уитмена
19. Основные положения и следствия теории массообмена Хигби
20. Основные положения и следствия теории массообмена Данкверта
21. Коэффициент распределения компонента в фазах
22. Особенности массообмена биотехнологических процессов
23. Особенности массообмена на различных этапах жизни культуры микроорганизмов (анализ кривой роста)
24. Общая скорость роста биомассы. Удельная скорость роста. Её графическое и экспериментальное определение
25. Кинетическое уравнение переноса кислорода при ферментации и его преобразование при определении поверхности раздела фаз
26. Практическое нахождение скорости усвоения кислорода
27. Понятие абсорбция. Виды абсорбции
28. Абсорбция как массообменный процесс. Назначение абсорбции
29. Зависимость между равновесными концентрациями при абсорбции (з-н Генри)
30. Парциальные давления компонентов в газовой среде при абсорбции (з-н Дальтона)
31. Уравнение массопередачи при абсорбции
32. Материальный баланс процесса абсорбции
33. Определение удельного расхода абсорбента
34. Принципиальные схемы абсорбции (прямоточная, противоточная, с рециркуляцией). Изображение процессов абсорбции в  $x$ - $y$  координатах
35. Схема и принцип работы поверхностного абсорбера
36. Схема и принцип работы пленочного абсорбера
37. Схема и принцип работы насадочного абсорбера
38. Схема и принцип работы распыливающего абсорбера
39. Основные определяемые параметры при расчете абсорберов. Порядок расчета абсорберов
40. Промышленные абсорбенты и требования к ним
41. Адсорбция как массообменный процесс. Назначение адсорбции
42. Основные виды промышленных адсорбентов и их характеристики
43. Равновесие в адсорбционных процессах
44. Изотермы Лэнгмюра

45. Кинетика адсорбции
46. Уравнение Шилова для фронта адсорбции
47. Уравнение скорости перемещения фронта адсорбции
48. Определение высоты слоя адсорбента
49. Классификация адсорбентов
50. Схема и принцип работы вертикального цилиндрического адсорбера
51. Схема и принцип работы вертикального адсорбера с неподвижным кольцевым слоем адсорбента
52. Схема и принцип работы адсорбера с псевдооживленным слоем
53. Основные определяемые параметры при расчете адсорберов. Порядок расчета адсорберов
54. Фазовое равновесие в бинарных системах
55. Диаграмма t-x-y
56. Диаграмма y-x
57. Взаимное расположение кривых на t-x-y и y-x диаграммах (з-ны Коновалова, Вревского)
58. t-x-y и y-x диаграммы реальных газовых смесей при неограниченной растворимости
59. Азеотропные смеси
60. t-x-y и y-x диаграммы для взаимно нерастворимых жидкостей
61. t-x-y и y-x диаграммы для ограниченно растворимых жидкостей
62. Классификация основных способов разделения смесей
63. Перегонка бинарных смесей. Принцип простой перегонки и ректификации
64. Фракционная перегонка
65. Перегонка с дефлегмацией
66. Перегонка с водяным паром
67. Молекулярная дистилляция
68. Принципиальная схема ректификации
69. Материальный баланс ректификации
70. Уравнения рабочих линий ректификационной колонны
71. Схема и принцип работы периодической ректификационной установки
72. Схема и принцип работы непрерывно действующей ректификационной установки
73. Барботажная ректификационная колонна
74. Насадочная колонна
75. Пленочные ректификационные аппараты
76. Тарельчатые колонны
77. Азеотропная ректификация.
78. Тепловой баланс ректификации
79. Основные параметры ректификационной колонны. Принцип расчета.
80. Цели сушки. Физическая сущность сушки
81. Основные виды сушки
82. Сушительные агенты. Влажный воздух.
83. Основные показатели влажного воздуха
84. Диаграмма Рамзина. Примеры использования диаграммы для определения параметров влажного воздуха
85. Равновесие процесса сушки. Направление массопереноса при сушке
86. Формы связи влаги с материалом и рекомендуемые способы ее удаления при получении готового продукта
87. Материальный баланс сушки (по высушиваемому материалу, по сушильному агенту, определение удельного расхода воздуха на сушку)
88. Тепловой баланс конвективных сушилок
89. Кинетика процесса сушки
90. Основные периоды сушки. Кривая сушки материала

## Банк профессионально-ориентированных ситуационных задач для зачета

### Задача 1

Воздух насыщен паром этилового спирта. Общее давление воздушно-паровой смеси 600 мм.рт.ст., температура 60 °С. Принимая оба компонента смеси за идеальный газ,

**Определите:**

1. Давление этилового спирта в смеси  $P_{\text{спирта}}$ , Па
2. Мольную долю этилового спирта в смеси,  $y$
3. Массовую долю спирта в смеси,  $\bar{y}$
4. Относительную массовую концентрацию спирта в смеси,  $\bar{Y}$
5. Плотность смеси,  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>)

### Задача 2

При проведении аэробного культивирования в ферментаторе диаметром 1,5 метра через культуральную среду барботируют воздух. Концентрация абсолютно сухой биомассы в культуральной жидкости 20%. Объем жидкостной фазы в ферментаторе - 4 м<sup>3</sup>. Объемный коэффициент массоотдачи - 3,5 x 10<sup>-3</sup> 1/с. Температура - 30 °С.

**Определите:**

1. Запишите уравнение объемного расхода воздуха и критериальные уравнения для определения приведенной скорости подачи воздуха
2. Определите плотность культуральной жидкости, коэффициент поверхностного натяжения и кинематическую вязкость при температуре ферментации
3. Определите капиллярную постоянную в критериях Шервуда и Рейнольдса
4. Найдите приведенную скорость подачи воздуха
5. Определите требуемый объемный расход воздуха

### Задача 3

При культивировании дрожжей получены следующие контрольные данные:

Начальная концентрация биомассы - 38,7 г/л. Конечная концентрация - 41,1 г/л

Количество биомассы в объеме жидкости на начало культивирования - 560 кг, на конец - 1025 кг. Время культивирования - 7 часов. Объемное газосодержание - 0,3. Удельная поверхность контакта фаз - 2,4 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>

**Определите:**

1. Запишите уравнение скорости потребления кислорода клетками и проинтегрируйте его
2. Определите постоянные интегрирования ( $Y$  и  $Z$ )
3. Определите удельную скорость роста дрожжей
4. Определите поверхностный коэффициент массоотдачи в жидкой фазе
5. Определите объемный коэффициент массоотдачи

### Задача 4

В ректификационной колонне непрерывного действия происходит разделение смеси хлороформ-бензол под атмосферным давлением. Концентрация хлороформа в исходной смеси 40% мол., дистилляте 85% мол. и кубовом остатке 5 % мол.

**Определите:**

1. Составьте уравнения рабочих концентраций
2. Постройте кривую равновесия
3. Постройте рабочую линию верхней части ректификационной колонны
4. Постройте рабочую линию нижней частей ректификационной колонны
5. Определите графическим методом ЧТТ (число теоретических тарелок).

### Задача 5

Уравнения рабочих линий ректификационной колонны для разделения смеси метиловый спирт – вода при  $P = 0,1$  мПа:  $y = 0,62x + 0,35$ ;  $y = 2,9x - 0,056$ . В ректификационной колонне получают 1570 кг/ч дистиллята.

**Определите:**

1. Состав исходной смеси  $x_c$
2. Количество исходной смеси  $\bar{G}_c$  (в кг/ч)
3. Количество кубового остатка  $G_k$  (в кмоль/ч)
4. Количество пара  $G$ , поднимающегося по колонне
5. Количество флегмы  $G_\Phi$  (в кмоль/ч).

### База типовых тестовых заданий для зачета (полная база тестовых заданий хранится на кафедре)

#### 1. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Массообменными называют процессы, скорость которых определяется:*

- а) разностью концентраций распределяющего и распределяемого веществ
- б) скоростью переноса вещества в пределах одной фазы
- в) площадью межфазной границы
- г) скоростью переноса вещества из одной фазы в другую

#### 2. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

*К массообменным относят процессы:*

- а) сорбционные
- б) гидродинамические
- в) мембранные
- г) диффузионные
- д) механические

#### 3. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

*Основные процессы в разделительных массообменных аппаратах:*

- а) фильтрация
- б) ректификация
- в) сушка
- г) отстаивание
- д) кристаллизация

#### 4. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Какой вид имеет рабочая линия массообменного процесса*

- а) выпуклая линия
- б) прямая линия
- в) вогнутая линия
- г) ломаная линия

#### 5. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Основной закон массоотдачи:*

- а)  $dM = \beta_y (y_f - y_2) F d\tau$

$$\text{б) } \frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} = D \left( \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right)$$

$$\text{в) } dM = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial l} F d\tau$$

6. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*В процессе адсорбции поглощение вещества происходит*

- а) объемом сорбента
- б) поверхностью сорбента
- в) в порах и каналах сорбента
- г) на ионообменных группах сорбента

7. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

*Интенсификации процесса адсорбции способствует:*

- а) повышение температуры
- б) понижение температуры
- в) повышение давления над сорбентом
- г) понижение давления над сорбентом
- д) увеличение высоты слоя сорбента
- е) создание «кипящего» слоя сорбента

8. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

*Уголь в качестве адсорбента используют в биотехнологических процессах для:*

- а) осушения воздуха
- б) обесцвечивания растворов
- в) удаления запаха и привкуса
- г) извлечения глюкозы и фруктозы из растворов
- д) концентрирования растворов

9. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

*Количество вещества, адсорбированного единицей массы или объема определенного адсорбента, зависит от:*

- а) температуры
- б) высоты адсорбера
- в) давления над сорбентом
- г) времени защитного действия слоя сорбента
- д) природы сорбируемого вещества
- е) порозности «кипящего» слоя сорбента

10. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

*Цеолиты в качестве адсорбента используют в биотехнологических процессах для:*

- а) осушения воздуха
- б) обесцвечивания растворов
- в) удаления запаха и привкуса
- г) извлечения глюкозы и фруктозы из растворов
- д) концентрирования растворов

11. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Почему после проведения процесса десорбции с помощью перегретого пара адсорбент в аппарате перед началом адсорбции охлаждается*

- а) для снижения тепловых потерь в окружающую среду

- б) взаимодействие горячего адсорбента с рабочей смесью может привести к разрушению гранул адсорбента
- в) активность адсорбента падает с ростом его температуры
- г) для экономии адсорбента

12. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Процесс поглощения компонента газовой смеси объемом жидкого поглотителя называется*

- а) десорбцией
- б) адсорбцией
- в) абсорбцией
- г) сорбцией

13. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Абсорбция, протекающая за счет химического взаимодействия с адсорбентом, называется*

- а) химической
- б) смешанной
- в) ван-дер-ваальсовой
- г) поверхностной
- д) физической

14. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Движущей силой абсорбции является разность между*

- а) текущими концентрациями
- б) температурами фаз
- в) текущей и равновесной концентрациями
- г) равновесными концентрациями фаз

15. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Какой вид имеет рабочая линия абсорбции процесса в "у-х" координатах (у,х - мольные концентрации)*

- а) выпуклая линия
- б) ломаная линия
- в) вогнутая линия
- г) прямая линия

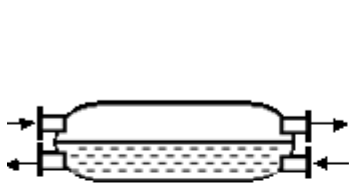
16. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Как изменяется расчетная высота абсорбционной колонны при увеличении удельного расхода поглотителя*

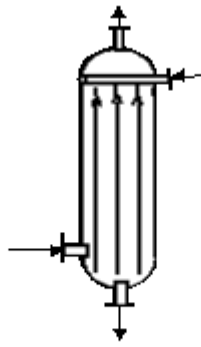
- а) увеличится
- б) уменьшится
- в) останется неизменной
- г) высота колонны не зависит от удельного расхода поглотителя

17. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

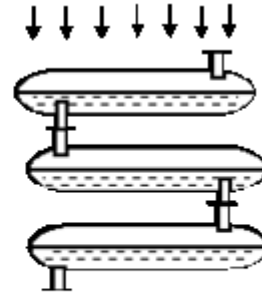
*На каком из рисунков изображен пленочный абсорбер?*



а)



б)



в)

18. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Абсорбтив – это вещество, которое*

- а) содержится в газовой фазе и при абсорбции не переходит в жидкую фазу
- б) содержится в газовой фазе и при абсорбции переходит в жидкую фазу
- в) растворяет абсорбируемые компоненты
- г) поглощается в объеме поглотителя

19. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Какое из приведенных уравнений является математическим выражением закона Генри*

- а)  $p_i = y_i \cdot P$
- б)  $p_i = E \cdot x_i$
- в)  $X + Y = C$
- г)  $E = C \cdot q (R \cdot T)$

20. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Абсорбция, протекающая за счет растворения газов в объеме поглотителя, называется*

- а) физической
- б) химической
- в) поверхностной
- г) ван-дер-ваальсовой
- д) смешанной

21. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Процесс извлечения поглощенного компонента из абсорбента называют*

- а) сорбцией
- б) адсорбцией
- в) десорбцией
- г) абсорбцией

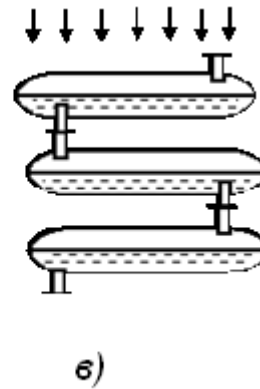
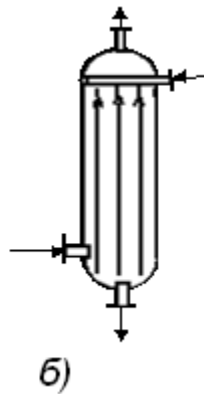
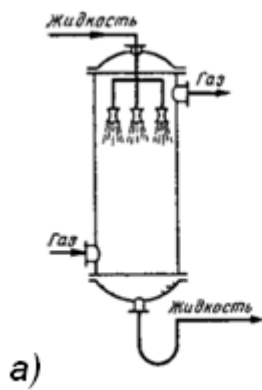
22. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*В какой системе коэффициент диффузии выше*

- а) жидкость-жидкость
- б) газ-газ
- в) жидкость-пар
- в) порядок величин коэффициентов диффузии одинаков во всех системах

23. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*На каком из рисунков изображен поверхностный абсорбер?*



24. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

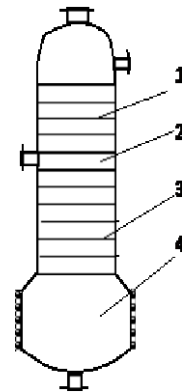
*Процесс ректификации может использоваться для разделения*

- а) однокомпонентных систем
- б) многокомпонентных систем
- в) взаимонерастворимых систем
- г) коллоидных систем

25. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*На рисунке приведена схема ректификационной колонны. Какая часть колонны обозначена цифрой 1?*

- а) укрепляющая
- б) исчерпывающая
- в) подогреватель
- г) питающая



26. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

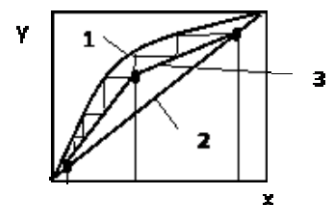
*На диаграмме фазового равновесия точка, в которой составы пара и жидкости одинаковы называется*

- а) нулевой
- б) азеотропной
- в) начальной
- г) максимальной

27. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Линия 2 на рисунке является линией*

- а) равновесных концентраций
- б) рабочей концентрации
- в) граничной
- г) пара



28. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Направление массопереноса при сушке определяется:*

- а) степенью сухости воздуха на входе и выходе из калорифера
- б) содержанием влаги в материале и окружающей среде
- в) разностью температур материала и сушильного агента
- г) влажностью материала на входе и выходе из сушилки



29. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Контактная сушка осуществляется путем:*

- а) передачи тепла от теплоносителя материалу через разделяющую стенку
- б) осушения в глубоком вакууме из замороженного состояния
- в) передачи тепла инфракрасными лучами
- г) непосредственного соприкосновения высушиваемого материала с сушильным агентом
- д) нагревания в поле тока высокой частоты

30. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

*Диаграмма Рамзина построена для давления:*

- а) 760 мм. рт. ст
- б) 745 мм. рт.ст
- в) 101 КПа
- г) 1 атм.