

БАКАЛАВРИАТ И МАГИСТРАТУРА

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ
ПО ХИМИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВАМ

Э. Ф. Матвеева, Е. И. Тупикин



www.e.lanbook.com



**ЭБС
ЛАНЬ**

Э. Ф. МАТВЕЕВА,
Е. И. ТУПИКИН

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ ПО ХИМИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВАМ

Учебно-методическое пособие

Издание второе, исправленное



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
МОСКВА • КРАСНОДАР
2020

УДК 37.0:54(072)

ББК 74.262.4я73

М 33 Матвеева Э. Ф. Методика обучения химии. Первоначальные знания по химическим производствам : учебно-методическое пособие / Э. Ф. Матвеева, Е. И. Тупикин. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 180 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-8114-3859-4

Данное пособие разработано с учетом требований ФГОС ВО к подготовке студентов химических и химико-педагогических специальностей. Представлена система химико-технологических знаний на уровне требований школьной программы и требований специального среднего образования. В помощь учителю даны конспекты уроков, обучающимся — опорные конспекты по конкретным химическим производствам и предложена система учебных заданий по тренингу и проверке химико-технологических знаний и умений. Имеется справочно-обучающий материал по основным темам образовательной области «Химическое производство». Важным элементом пособия является материал, направленный на ориентацию обучающихся на химические профессии.

Пособие предназначено для бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям: «Химия», «Педагогическое образование» и другим направлениям естественно-научного профиля. Содержание пособия также будет интересно преподавателям химии образовательных организаций разных уровней, обучающимся школы и колледжа.

УДК 37.0:54(072)

ББК 74.262.4я73

Рецензенты:

П. Д. ВАСИЛЬЕВА — доктор педагогических наук, профессор, зав. кафедрой химии Калмыцкого государственного университета им. Б. Б. Городовикова;

Т. А. КОЛЕСНИКОВА — кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник центра непрерывного повышения профессионального мастерства ГАОУ АО ДПО «Институт развития образования».

Обложка
П. И. ПОЛЯКОВА

© Издательство «Лань», 2020
© Э. Ф. Матвеева, Е. И. Тупикин, 2020
© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2020

ВВЕДЕНИЕ

Химия как наука и учебная дисциплина по своей сущности должна раскрывать в процессе обучения основы химического производства, которое снабжает общество различными продуктами всех областей жизнедеятельности человека. В настоящее время проблема формирования химико-технологических знаний у учащихся не только средней школы, но и колледжей, техникумов является актуальной, что объясняется рядом причин: наличием противоречия между требованиями контрольно-измерительных материалов выпускных экзаменов по химии и фактическим содержанием учебного материала в учебниках; отсутствием системного изучения теоретических основ химических производств в школьной программе.

Как показывает собственный опыт преподавания химии в средней школе, профессиональных колледжах и техникумах, содержание химико-технологического материала находится в закономерной связи с развитием общества, т. е. уменьшается внимание общества к производствам — исчезает в школьных учебниках соответствующий этому материал. В 60–70-е гг. XX в. стала развиваться полимерная промышленность в нашей стране, соответственно, в школьный учебник был введен раздел по изучению высокомолекулярных соединений.

Учителя химии на курсах повышения квалификации и переподготовки выделяют в качестве сложных тем — темы химических производств и изучение закономерностей протекания химических реакций. Сложность изучения химико-технологического материала обусловлена не только отсутствием в школьном учебнике системного материала, но и невозможностью проведения экскурсий на химические производства или химические цеха имеющихся в городе и области предприятий. Студенты химических специальностей слабо ориентируются в химических предприятиях города. Когда говорим о том, что «Астрахань — город химиков и химии», они могут отметить работу лишь Астраханского Газпрома. На вопросы о минеральных богатствах области дают скудные ответы. Сказанное позволило выделить проблему изучения формирования химико-технологических знаний у учащихся на основе повышения значимости использования краеведческого материала и использования практико-ориентированных заданий.

Школьный курс химии базируется на современных теоретических представлениях о веществе и химических процессах. В ходе освоения четырехлетнего курса химии ведущую роль играет познавательная деятельность, в основе которой учебные действия, расписан-

ные в требованиях (предметных результатах) примерных программ [135; 139]. Обучаемых на протяжении всех лет знакомят с основными видами учебной деятельности на уровне учебных действий, которые включают умения: характеризовать, объяснять, классифицировать, овладевать методами научного познания, делать выводы и умозаключения и т. д. Наиболее сложными предметными результатами являются умения прогнозировать свойства изучаемых веществ и предполагать возможность протекания химических реакций в лабораторных или производственных условиях.

В ходе реализации практико-ориентированного подхода к разработке стандарта по химии была проведена разгрузка обязательного минимума содержания основного общего образования, и вопросы промышленного производства химических веществ отнесены к обязательному минимуму содержания среднего (полного) общего образования. Блок «Химия и жизнь».

Таким образом, школьный курс химии должен знакомить учащихся с основами науки, т. е.:

- обеспечивать сознательное усвоение учащимися важнейших химических законов, теорий, понятий, знакомить с методами химической науки;
- формировать научное мировоззрение, а также понимание того, что химическое образование — обязательный элемент культуры, необходимый каждому человеку;
- воспитывать трудолюбие, нравственность, интерес к предмету, бережное отношение к природе, уважение к преобразующим возможностям науки, понимание приоритета общечеловеческих ценностей;
- развивать мышление учащихся, их самостоятельность и творческую активность в овладении знаниями, обучать разнообразным видам учебной деятельности;
- обеспечивать знакомство с главными направлениями химизации народного хозяйства, с возрастающим значением химии в окружающей действительности, способствовать преодолению хемофобии;
- формировать практические умения и навыки, способствовать профориентации, готовить учащихся к сознательному выбору профессии.

Как видим, актуальность разработки методики изучения химических производств очевидна. Противоречием является то, что на фоне уменьшения часов на изучение курса химии и акцента на теоретический материал в начале изучения химии наблюдается так называемое

мый диссонанс (несоответствие). С одной стороны, система понятий о химическом производстве «выпадает» из общей системы химических понятий, изучаемых в 8–9 классах, далее в 10–11 классах, с другой — является важным материалом, позволяющим раскрыть потенциал химических знаний и умений в общей системе естественно-научных знаний. Изучение основ химической технологии повышает экологическую и экономическую грамотность обучающихся, позволяет грамотно оценить затраты на производство нужных химических соединений, сформировать природосообразное отношение к окружающей среде, к экономному расходу природных ресурсов и т. д. Следует отметить также, что проблеме технологической грамотности в настоящее время уделяется пристальное внимание, которое выражается в наличии заданий, включающихся в ОГЭ и в ЕГЭ [37; 40; 65; 137; 138].

Анализ литературных источников позволил выделить блоки химических знаний: строение вещества, закономерности протекания химических реакций, термодинамика, химическая кинетика, скорость химической реакции, химическое равновесие. В учебниках и учебных пособиях уделяется определенное внимание вопросам химической технологии, но оно, по нашим представлениям, не позволяет в полной мере решить проблему реализации принципа политехнизации учебного процесса.

Настоящее пособие посвящено рассмотрению теоретических проблем и методики обучения первоначальным знаниям по химическим производствам, ознакомлению обучающихся с некоторым оборудованием технологических процессов, анализу научных принципов химического производства, выбору технологий производств отдельных неорганических и органических веществ, их влиянию на природные экологические процессы и снижение их отрицательного воздействия.

Важно также обратить внимание на методику изучения вопросов, связанных с рассмотрением основ химической технологии и их воздействия на экологическую обстановку регионов их расположения. Пособие снабжено инструментарием самоаттестации обучающихся в виде различного типа заданий, включая тестовые. Все это позволит оптимизировать изучение химии как предмета и повысить эффективность экологического образования.

Настоящее пособие не заменяет существующие учебники и практикумы, а, наоборот, предусматривает более подробное и детальное ознакомление и изучение разделов программы по основным учебникам. В то же время простота и доступность учебного пособия,

на наш взгляд, позволяет обучающимся предварительно познакомиться с тематикой и содержанием лекций, лучше представить схему курса, связать между собой отдельные разделы программы.

Мы полагаем, что пособие окажется полезным и интересным всем без исключения студентам, изучающим методику обучения химии; молодым учителям для подготовки к занятиям по химии с производственной тематикой не только в средней школе, но и в средних специальных учебных заведениях. Рекомендуем данное пособие преподавателям средних общеобразовательных учреждений, обучающимся техникумов, колледжей, а также школьникам-старшеклассникам, заинтересованным в углубленном изучении химии и будущей профессиональной подготовке.

ГЛАВА 1. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЗАНЯТИЯХ В СРЕДНИХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

1.1. Психолого-педагогические и методические основы химико-технологических знаний в школьном курсе химии

Химия как учебный предмет (дисциплина) раскрывает в процессе обучения основы химического производства через понятия: сырье, продукты, оптимальные условия протекания реакций, профессии, техника безопасности и охрана труда и т. д. Актуальность изучения процесса формирования химико-технологических понятий у обучающихся объясняется логикой системного изучения химии — от элементов к веществу, изучению свойств вещества (химических реакций), далее к получению веществ. Фрагментарность изучения производственного материала в школьном курсе химии объясняет слабые знания обучающихся в данной области знаний, отсюда появляется необходимость поиска форм и методов обучения для поддержания у обучающихся осознанного восприятия теоретических основ химических производств.

Химическое образование занимает одно из ведущих мест в системе общего образования, что определяется безусловной практической значимостью химии, ее возможностями в познании основных методов изучения природы, фундаментальных научных теорий и закономерностей.

На значимость изучения химико-технологических знаний обращает внимание Г. М. Чернобельская. Она отмечает, что сокращение объема химических производств и уменьшение внимания к профориентации учащихся к химическим профессиям — это взаимосвязанные процессы. В условиях сокращения времени на изучение химии в школе многие преподаватели пренебрегают сведениями о химическом производстве. В свою очередь, данное положение приводит к уменьшению абитуриентов на химические специальности [143, с. 281–287]. Тем не менее многие отмечают чрезмерную сложность в восприятии обучающимися производственного материала.

А. А. Каверина и И. В. Майорова еще в 1987 г. писали о том, что основы профессиональных знаний закладываются на уроке при изучении предусмотренных программой химических производств [125, с. 5].

Они рекомендуют использовать методический подход, позволяющий учащимся осваивать методы исследования, обучаться первоначальному проектированию производства, решению технологических проблем и т. д. С первых уроков химии мы формируем представление у обучающихся о технологических понятиях: сырье, принципы его выбора для получения продукта, качество продукта, физико-химические характеристики реакций, требования к катализаторам, чистота получаемых веществ и т. д. Обучающиеся приучаются вести рассуждения об экономических затратах производства, анализировать способы очистки и подготовки сырья к переработке, определять оптимальные условия проведения химических реакций на производстве и т. п.

Д. А. Эпштейн в 1983 г. так определил задачу своего учебного пособия «Химия в промышленности» по факультативному курсу для учащихся старших классов: «Задача этого труда — дать в руки ключ к пониманию инженерно-химических проблем, показать, как применяется теоретическая химия для решения практических вопросов, познакомить с основными идеями химической технологии, вооружить первоначальными инженерно-химическими знаниями и умениями» [155, с. 3]. Посмотрим, какие темы ученый предлагает для изучения: как оценивают работу химических заводов; какие проблемы решает наука — химическая технология; технология неорганических продуктов (серная кислота, синтез аммиака, азотная кислота, азотные удобрения, фосфор и его соединения, калийные соли, комплексные удобрения). Далее: промышленный органический синтез (химическая переработка метана, дегидрирование углеводородов, синтез метанола и этанола, окислительная переработка органических соединений). К данным темам ранее Л. А. Цветков ввел изучение высокомолекулярных соединений. Хотелось бы отметить, что в качестве сырья Д. А. Эпштейн называет: «Воздух — важнейшее химическое сырье», «Значение воды в химическом производстве. Проблема экономии воды». Заостряет внимание на проблеме вычисления практических выходов продуктов.

Труды С. Г. Шаповаленко, Т. З. Савич, Г. И. Шелинского, Л. А. Цветкова, И. Н. Черткова, А. А. Кавериной, А. С. Корощенко заложили основы методики обучения химическим производствам в школе и колледжах, системного ознакомления с химическими процессами в производстве [108; 125; 141; 142; 145; 146; 155 и др.]. Большой вклад в данную область образования вносит Политехнический музей (г. Москва), поражает масштабность научно-технических выставок, производственных установок, моделей.

Э. Ф. Матвеева, Е. И. Тупикин, О. В. Рогожин, Т. А. Попова отмечают, что в настоящее время проблема формирования химико-технологических знаний у учащихся средних общеобразовательных школ является актуальной, до конца не решенной. Это подтверждается наличием противоречия между требованиями контрольно-измерительных материалов ОГЭ и ЕГЭ и фактическим содержанием учебного материала в учебниках [69; 70; 97].

Химико-технологические понятия целесообразно формировать в рамках реализации задач экологического обучения и воспитания при формировании химико-экологической компетентности обучающихся [121]. Подобный комплексный подход позволяет повысить эффективность образовательного процесса в учебном заведении и реализовать интеграцию формируемых понятий, создать целостную картину реальной действительности.

Рассмотрение производства аммиака, серной кислоты, азотной кислоты, металлов в одном блоке дает возможность их параллельного рассмотрения, составления алгоритма изучения химического производства, развития умения обобщать, сравнивать, предсказывать последствия изменения условий проведения химических реакций. Изучение химических производств целесообразно вести на основе знаний о закономерностях течения химических реакций, что способствует осознанному восприятию материала: учащиеся не просто заучивают свойства веществ и условия течения химических процессов, а прогнозируют их на основе знания теории. Появляется возможность многократного повторения с учащимися основного материала. В арсенале учителя имеется большое количество вариантов организации самостоятельной деятельности учащихся: конспекты, схемы, плакаты, проекты, взаимообучение учащихся в группах [75].

Анализ проблемы — прикладные знания в курсе химии — дает Э. Е. Нифантьев. Он обращает внимание на целесообразность того, чтобы систематическое изучение основ предмета разумно сочеталось с так называемой прикладной химией, цель которой — разъяснение учащимся того, как знание законов и принципов химии, свойств наиболее распространенных веществ, владение химическими методами исследования можно использовать в повседневной жизни при решении практических задач, в быту, на производстве и т. п. [88; 89].

Об отрицательной роли принципа политехнизма пишет О. С. Зайцев [38, с. 170]. Этот принцип принес значительный вред методике обучения химии, превратив химию в курс описательной технологии с массой необъясняемых ученику устаревших технологиче-

ских процессов, сведений о веществах, используемых в различных областях хозяйства, и с почти полным отсутствием теоретических знаний современной химии. Если человек знает теоретические основы химии, он их всегда применит и в технологии, но не наоборот.

Э. Е. Нифантьев предлагает сначала классифицировать по содержанию прикладные знания.

1. Общеобразовательные — предназначенные для расширения кругозора учащихся и повышения уровня их культуры:

- энергетика и химические производства;
- применение принципов и закономерностей химии в различных отраслях экономики;
- повсеместное использование продуктов химической промышленности;
- химические знания, необходимые при решении экологических проблем;
- сведения исторического характера, отражающие вклад химии в развитие цивилизации.

2. Утилитарные, предназначенные для применения их в повседневной жизни: химия в быту, химия и пища, химия и организм человека.

3. Важно, чтобы прикладные знания отражались и в содержании химических задач.

4. При отборе химического эксперимента необходимо учитывать, что он должен быть простым в постановке и способствовать применению теоретических знаний по химии в повседневной жизни [88; 89].

Г. М. Чернобильская определяет цель изучения химических производств — показать учащимся, как достижения науки используются для практических нужд народного хозяйства, отразить роль науки как движущей силы производства и прогресса. Изучение химических производств позволяет существенно усилить экологическую сторону обучения химии, раскрыть возможность реализации и требований экологической безопасности при грамотной организации производства, что является важной воспитательной задачей курса химии средней школы [143; 144].

На материале химических производств легко осуществляются межпредметные и внутрипредметные связи химии с физикой (при изучении аппаратов), химии с биологией (при изучении химизации сельского хозяйства), химии и черчения, химии и математики и т. д.

Н. Е. Кузнецова обращает внимание на то, что при определении качества усвоения понятий следует иметь в виду, прежде всего, три характеристики понятия:

а) содержание понятия (состав его существенных признаков);
б) объем понятия (количество объектов, отражаемых в сознании с помощью данного понятия);

в) связи и отношения данного понятия с другими понятиями.

Качество усвоения понятия должно определяться, прежде всего, по тому, как усвоены эти свойства (характеристики) понятия, его содержание, объем, связи и отношения с другими понятиями. Для оценки качества усвоения используется методика поэлементного анализа понятия [50; 76]. Кроме указанных критериев качества усвоения понятий важное значение имеют такие критерии, как: умение оперировать понятием при изучении законов, теорий и в решении задач внутрпредметного и межпредметного содержания.

Психологический анализ обучения свидетельствует о том, что **усвоение знаний происходит в процессе активной мыслительной работы** обучающегося при решении им задачи посредством выделения существенных сторон проблемы, путем анализа, абстрагирования и обобщения. Правильно подобранные задания с производственным содержанием в соответствии с уровнем развития учащихся не только реализуют их психологический потенциал, но и мобилизуют личность в целом, охватывая эмоциональную сферу, интересы, потребности. Но тем не менее, по наблюдениям психологов, учителей и методистов, сверхтрудные задания, превышающие известный барьер сложности, не только не стимулируют, а наоборот, снижают уровень мышления и не приносят пользы.

Е. И. Тупикин обращает внимание на то, что «**дефиниция термина «понятие» весьма многообразна**» [121]. «Понятие — это дефиниция, отражающая существенные характеристики объекта, явления реальности в его взаимосвязи с другими объектами (явлениями) и т. д.». В этой связи под термином **«химико-технологические понятия»** мы подразумеваем «комплекс представлений, отражающих роль химических явлений и соединений в реализации технологических процессов, осуществляемых в различных производствах, включая химические» [121].

Г. М. Чернобельская четко определяет структуру системы понятий об основах химического производства (схема 1) [143, с. 282].

Данная схема отражает ключевую позицию в обучении учащихся химическим основам производства: «Вещества здесь рассматриваются под новым углом зрения — как сырье для производства и как продукт производства, а химические реакции — как процессы. Их закономерности изучаются как основа для разработки технологического режима, конструкции аппаратуры» [143, с. 283]. Данную позицию

сохраняем в процессе изучения химико-технологического материала, особенно в ходе отбора понятий: вещество, бинарные соединения, основные классы неорганических соединений, типы химических реакций, условия протекания реакций, техника безопасности и охрана труда, состояние экологии окружающей среды. В каждом случае рассматриваем конкретные вещества или процессы с позиции вещественного и химико-технологического значения. Например, к бинарным соединениям относим оксиды серы (IV) и (VI). Учащиеся 8 класса составляют формулу бинарного соединения, записывают уравнения реакции окисления, дают характеристику веществам, пользуясь терминами: сырье, продукт, физические свойства, области применения веществ. Учащиеся 9 класса характеризуют вещество по составленной ими химической формуле, делают обобщения в форме генетической цепочки, предполагают условия протекания и поведение веществ в ходе реакций, действие катализатора [66].

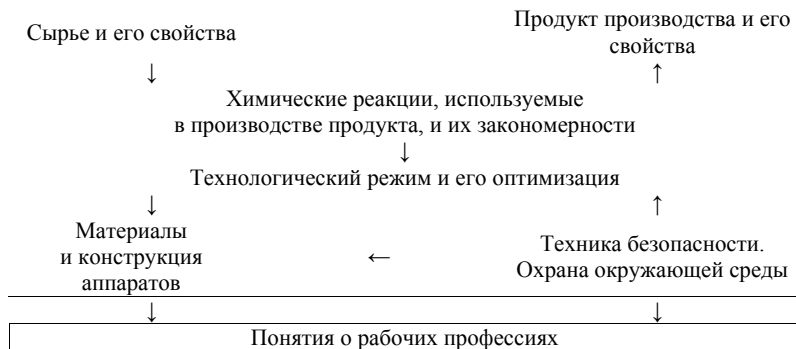


Схема 1

Система химико-технологических знаний

Изучению химических производств в школе уделялось достаточно внимания в 70–80-е годы XX в. Данная образовательная область считалась методически разработанной и не вызывала трудностей в обучении как учащихся средних общеобразовательных учреждений, так и вуза. Авторы учебного пособия под редакцией Н. Е. Кузнецовой рекомендуют использовать научно-методические подходы к изучению учебного материала о производствах — описательный и конструктивный [75, с. 340–348]. Описательный подход предусматривает использование иллюстративного рассказа, отмечая, что он «в малой степени способствует развитию логического мышления учащихся, снижает их интерес к изучаемому материалу» [75, с. 341]. Конструктивный подход имеет це-

лю развитие конструктивного мышления и формирование умения прогнозировать технологические схемы. «Ученики как бы становятся участниками познавательного процесса в конструировании производства» [75 с. 342]. К таким урокам преподаватель должен тщательно готовиться, Г. М. Чернобильская рекомендует следовать следующему плану.

1. Характеристика продукта производства (состав, строение, применение в народном хозяйстве).

2. Сырье (состав, свойства, месторождение, предварительная подготовка).

3. Химические процессы, лежащие в основе производства, и их закономерности (обратимость, необратимость, оптимальные условия протекания и т. д.).

4. Главные стадии производства. Технологический режим каждой стадии.

5. Материалы и конструкция аппаратов.

6. Организация производства [143, с. 285].

Задания для самостоятельной работы

1. Докажите необходимость изучения в школе основ химического производства.

2. Предложите основные химико-технологические понятия.

3. Какие проблемы решает наука — химическая технология?

4. Укажите основные стадии химического производства.

5. Какие ученые занимаются разработкой методики изучения химических производств в школе, техникумах и колледжах?

6. Какие темы школьного курса химии являются достаточно сложными?

7. Назовите научно-методические подходы к изучению учебного материала о химическом производстве.

1.2. Раскрытие в школьном курсе химии научных принципов химического производства и возможностей управления химическими процессами

При изучении химии в учебных образовательных учреждениях (школах, колледжах и т. д.) применяющих разные типы обучения (очное, заочное, включая дистанционное образование), обязательным является принцип практической значимости, предполагающий в том числе рассмотрение химических производств. Кроме этого, во исполнение данного принципа задания для учащихся на едином государст-

венном экзамене (ЕГЭ) включают в свой состав задания на знания основ химических производств.

Экологизация учебного процесса, включая изучение химии, требует изучения основ получения разных веществ в промышленности, так как они существенно изменяют экологическую обстановку регионов своего расположения, требуют создания экологической безопасности для человека и природной среды.

При изучении химических производств особое внимание необходимо обратить на основные принципы химического производства, которые подразделяют на общие и частные.

Общими принципами являются:

1. Создание условий для оптимального проведения процессов, что предполагает тщательное изучение особенностей протекания данного процесса в различных вариантах, разных условиях и выбор таких условий, при которых выход продукта будет и максимальным, и экономичным, и при этом наиболее экологичным, наносящим природе наименьший вред.

2. Полное и комплексное использование сырья и отходов, что предполагает экономичное использование природных ресурсов, утилизацию отходов и побочных продуктов.

3. Непрерывность процесса, предполагающую при любой возможности разрабатывать непрерывные или комплексные производственные процессы.

4. Оптимальное использование энергии химических реакций, что предполагает максимальное освоение энергетических ресурсов (использование теплоты отходящих газов на бытовые нужды или подогрев сырья и т. д.).

5. Принцип защиты окружающей среды, состоящий в том, что любой производственный процесс возможен для осуществления только при его природосообразности, т. е. нанесения им природе минимального вреда.

Общие принципы научного химического производства реализуются через частные принципы химических производств.

К ним относят:

а) принцип противотока (холодные газы проходят через горячие теплообменники, нагретые теплом отходящих из реактора газов, при этом они движутся во взаимно противоположных направлениях); этот пример характеризует и три других частных принципа;

б) принцип оптимального использования энергии химических реакций;

в) принцип теплообмена;

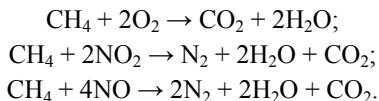
г) принцип увеличения поверхности реагирующих веществ (последний достигается также диспергированием или измельчением реагентов).

Важными частными принципами являются:

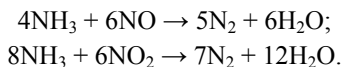
- а) принцип применения катализаторов;
- б) принцип циркуляции;
- в) принцип изменения концентрации реагентов и продуктов реакции;
- г) принцип изменения давления;
- д) принцип механизации и автоматизации производства.

Общие принципы характерны для всех химических производств, а некоторые частные принципы присущи только отдельным производствам. Так, производство аммиака было бы нерентабельным без реализации частного принципа циркуляции из-за громадных потерь смеси азота и водорода (здесь не происходило бы реализации общего принципа комплексного и полного использования сырья и отходов). Некоторые химические производства не требуют катализаторов (например, производство суперфосфата из фосфорита и серной кислоты) и т. д.

На примере производства азотной кислоты рассмотрим рекомендации по охране окружающей среды, сделанные М. А. Карибьянц [87, с. 29–31]. В состав отходящих газов в производстве азотной кислоты входят оксиды азота (0,05–0,2%). Она отмечает, что наиболее эффективным методом очистки хвостовых газов является каталитическое восстановление оксидов азота горючими газами — водородом, природным газом, оксидом углерода (II), аммиаком. При этом содержание оксидов азота снижается до 0,001–0,005%, что отвечает санитарным нормам при высоте выброса 100–150 м. В качестве катализатора используются палладий (1-й слой) и носитель (2-й слой, оксид алюминия). На катализаторе протекают реакции:



Теплота экзотермических реакций используется для получения пара. Алюмованадиевый катализатор используют при восстановлении оксидов азота аммиаком:



М. А. Карибьянц подводит нас к выводу, что одним из наиболее применяемых способов утилизации оксидов азота является адсорбци-

онно-десорбционный на непрерывно циркулирующем сорбенте (сикагеле) [87].

Важным аспектом изучения химических производств является их химизм. Так, рассматривая производство алюминия (пример термохимических электрохимических процессов), необходимо отметить, что электроэнергия в данном случае тратится и на нагревание (создание высоких температур), и как условие проведения электрохимического процесса [120].

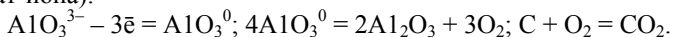
Алюминий получают электролизом расплава оксида алюминия; для снижения температуры плавления Al_2O_3 его смешивают с криолитом (Na_3AlF_6). Химизм электролитического получения алюминия можно выразить так. Оксид алюминия считают солью ортоалюминиевой кислоты, формула которой: AlAlO_3 .

Эта соль диссоциирует по схеме: $\text{AlAlO}_3 = \text{Al}^{3+} + \text{AlO}_3^{3-}$.

Диссоциация криолита в расплаве: $\text{Na}_3\text{AlF}_6 = 3\text{Na}^+ + \text{AlF}_6^{3-}$. У катода накапливаются ионы Na^+ и Al^{3+} , а у анода — AlO_3^{3-} и AlF_6^{3-} .

Катод: изготовлен из алюминия (–): Na^+ и Al^{3+} (восстанавливаются ионы алюминия) $\text{Al}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Al}^0$.

Анод: изготовлен из углерода (+): AlO_3^{3-} и AlF_6^{3-} (окисляются ортоалюминат-ионы, так как на окисление гексафтороалюмината необходимо значительно больше энергии, чем на окисление ортоалюминат-иона).



Суммарно: $2\text{Al}_2\text{O}_3$ (расплав + криолит) + $3\text{C} \xrightarrow{\text{эл. ток}} 4\text{Al} + 3\text{CO}_2\uparrow$.

Производство алюминия требует большого количества электроэнергии. Оно экологически опасно из-за того, что используются соединения фтора, образуется угарный газ, происходит тепловое загрязнение региона и т. д. На это необходимо обратить внимание обучающихся.

Более подробно система химико-технологических понятий представлена в таблице 1 [75].

Как видим, в таблице отражен материал, способствующий более полному изучению химико-технологических знаний и умений. В заданиях ЕГЭ 2017 г. (№ 18–19 определение продукта реакции; № 21 — скорость химической реакции; № 22 — продукты электролиза; № 24 — химическое равновесие; № 26 — область применения вещества; № 28 — термохимия; № 33–34 — решение задач, в условиях которых используются химико-технологические понятия) уделено дос-

таточно внимания производственному содержанию, но анализ содержания школьных учебников не позволяет сделать вывод о соответствии требований заданий ЕГЭ и содержания учебного материала. Отсюда важный вывод: учитель химии должен сам хорошо разбираться в системе химико-технологических понятий, правильно (грамотно) конструировать методику обучения, избегая поверхностных суждений. Усиление прикладной направленности [89, с. 4] содержания выдвигает на первый план изучение общих научных принципов получения веществ. Можно предложить такую последовательность изучения прикладного материала:

- свойства и области применения вещества (сырье, продукт);
- наличие и запасы природных сырьевых источников, их география;
- принципы выбора сырья и возможные пути его переработки;
- физико-химические особенности реакций, лежащих в основе промышленного получения продукта. Оптимальные условия осуществления этих реакций;
- материалы и конструкция аппаратов;
- организация производства, его рентабельность;
- научные принципы управления производственными реакциями того или иного типа;
- краткая история создания технологии производства.

Таблица 1

Система понятий «Основы химического производства»

| Элементы системы | Перечень понятий, процессов |
|--|---|
| 1. Сырье и его свойства | Вещества как сырье для производства и как продукт производства. Проблема сырья и его комплексное использование. Выбор сырья. Подготовка сырья |
| 2. Продукт производства и его свойства | Качество продукта. Выход продукта. Качество ГОСТа. Потери производства. Способ отвода продукта. Отделение и очистка продукта |
| 3. Химические реакции, используемые в производстве продукта, и их закономерности | Химические реакции и их закономерности — теоретическая основа изучения химического производства. Элементами химико-технологического процесса являются: подвод реагирующих компонентов в зону реакции; химические реакции синтеза продуктов; отвод реагентов из зоны реакции; оптимальные условия проведения реакции; химизм процесса; стадийность химико-технологического процесса; общие принципы организации производства (непрерывность, противоток, использование теплоты, энергии и т. д.) |

| Элементы системы | Перечень понятий, процессов |
|--|--|
| 4. Технологический режим и его оптимизация | Совокупность факторов, влияющих на скорость процесса, выход и качество продукта, воздействие разных факторов: температуры, давления, катализатора, концентрации веществ, поверхность соприкосновения. Способы смещения равновесия. Энергетика процесса |
| 5. Материалы и конструкция аппаратов | Специфика химических аппаратов. Универсальность аппаратов. Механизация трудоемких процессов. Автоматизация и дистанционное управление. Замена периодических процессов непрерывными |
| 6. Техника безопасности, охрана труда и окружающей среды | Конкретные меры, обеспечивающие безопасность труда: герметичность аппаратов, хорошая вентиляция, изоляция горячих поверхностей и т. д. Меры по охране окружающей среды и здоровья человека: система очистных сооружений, санитарный надзор, организация безотходного производства. Профилактории |
| 7. Понятия о рабочих профессиях | Инженер, технолог, химик-аналитик, эколог, врач санэпидстанции, оператор, рабочий химического цеха |

Такая последовательность изучения учебного материала воспроизводит логику научного исследования, принятую в химической технологии, и показывает, что закономерности управления производственными процессами едины для всего многообразия химических производств, открывает возможности для ознакомления с проблемами, возникающими в процессе развития производства.

Задания для самостоятельной работы

1. Какие группы принципов научного химического производства вам известны?

2. Назовите три общих научных принципа химического производства и раскройте их смысл.

3. Поясните, почему важен и необходим принцип защиты окружающей среды.

4. К принципам научного химического производства относят: а) переход количественных изменений в качественные; б) противоток; в) комплексное использование сырья и отходов; г) циркуляцию реагентов.

5. Закончите фразу: «Переход тепла от холодных предметов к нагретым и наоборот в ходе производственного процесса отражает суть принципа _____».

6. К принципу оптимального использования энергии химических реакций относят: а) возврат азотоводородной смеси в колонну

синтеза аммиака; б) нагревание газа, поступающего в реакцию теплом отходящих газов; в) растворение реагентов; г) применение горячей воды, полученной при охлаждении отходящих производственных газов.

7. К научным принципам химического производства относят: а) увеличение поверхности реагирующих веществ; б) переход количественных изменений в качественные; в) охрану окружающей среды; г) комплексное использование сырья и отходов; д) циркуляцию реагентов.

ГЛАВА 2. ВАЖНЕЙШИЕ ПОНЯТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

История развития химической технологии как науки берет начало с XV в., с появления первых мануфактур и промыслов по получению основных химических продуктов: кислот, щелочей и солей, фармацевтических препаратов, некоторых органических веществ. В России химическое производство стало развиваться в середине XVI — начале XVII в. (изготовление красок, селитры, пороха, соды, серной кислоты, варка поваренной соли и др.). Термин «технология» к химическим производствам предложен в 1772 г. профессором Гёттингенского университета И. Бекманом, в 1795 г. в Германии появился двухтомный курс И. Ф. Гмелина «Руководство технической химии», изданный в 1803 г., в русском переводе В. М. Севергина под названием «Химические основания ремесел и заводов» [56, с. 11]. В 1803 г. Российская Академия Наук учредила кафедру химической технологии, а с 1804 г. в Санкт-Петербурге стал издаваться «Технологический журнал, или Собрание сочинений и известий, относящихся до технологии и предложения учиненных в науках открытий к практическому употреблению» [134, с. 209].

Говоря о химической технологии как науке, необходимо отметить вклад русских ученых, начиная с М. В. Ломоносова, например его труд: «Первые основания металлургии или рудных дел». Книга «Уральская железная промышленность», написанная Д. И. Менделеевым, предвосхитила развитие промышленности Урала в годы первых пятилеток [48, с. 203]. Его труды были посвящены изучению и разработке топливных ресурсов России, изучению нефтяных месторождений, организации нефтеперерабатывающих заводов [48, с. 203]. В. В. Марковников и В. Н. Оглоблин исследовали состав и химическую природу кавказской нефти, обнаружили в ней циклоалканы [18, с. 59]. В 1914 г. построена первая промышленная установка для гидратации ацетиленов по реакции М. Г. Кучерова [18, с. 114] и т. д. Историю развития химии как науки в области химической промышленности следует рассматривать в соответствии с развитием самого общества и последовательным формированием отношения общества к химико-технологическому образованию.

2.1. Основные технологические понятия

Основой для понимания сущности химической технологии является термин «химическая технология», который можно выразить раз-

ными способами. Определение химической технологии на современном уровне может быть таким: «наука и производственная деятельность, наиболее экономично и экологически обоснованно реализующая различные способы химической и физико-химической переработки сырья и других материалов в предметы потребления и средства производства, называется *химической технологией*».

Химическая технология — наука о наиболее экономичных и экологически обоснованных методах химической переработки сырых природных материалов в предметы потребления и средства производства.

Во многих современных учебниках по общей химической технологии дается определение: «Химическая технология — наука о наиболее экономичных и экологически обоснованных методах химической переработки сырых природных материалов в предметы потребления и средства производства. Процессы химической технологии включают химическую переработку сырья, основанную на сложных по своей природе химических и физико-химических явлениях» [3; 15; 56; 91; 126; 146; 148].

В основе любого производства (в том числе химического) представление о *производственном процессе* — как о процессе, в результате которого получается продукт, обладающий определенными потребительскими свойствами и применяемый человеком в своей деятельности.

Производственные процессы могут быть непрерывными, периодическими, замкнутыми, незамкнутыми, комплексными.

Непрерывным называется процесс, в котором в него постоянно поступает сырье и сопутствующие материалы (топливо и т. д.) и *постоянно* выделяется готовая продукция. Примерами таких процессов являются разгонка нефти, получение чугуна и т. д. Эти процессы хороши тем, что они не требуют времени на простой оборудования между циклами производства.

Циклическими (прерывистыми) называют процессы, в которых сначала загружаются сырье и добавки, потом протекает сам процесс, а затем готовый продукт удаляется из реактора, после производственный процесс повторяется. Между циклами возникает время, оно же тратится на загрузку и удаление готового продукта, в чем кроются недостатки таких процессов, избежать которые не представляется возможным. К таким процессам относят варку стали и т. п.

Существуют и комплексные процессы — часть их являются *циклическими*, а часть — *непрерывными*. Таким процессом является получение стали из руды. Сначала получают передельный чугун (*не-*

прерывный процесс), а из него, в конверторах — сталь нужной марки (*прерывный* процесс).

В химической технологии часто применяют *циклические замкнутые* процессы, которые сводятся к тому, что неиспользованное сырье возвращается в производственный процесс, и тем самым снижаются потери и повышается выход готовой продукции. Такими являются процесс синтеза аммиака, газооборотные циклические процессы, замкнутые водооборотные циклы.

Очень важным понятием химической технологии является представление о *готовой продукции* — веществах или их смесях, получающихся в результате данного производственного процесса, обладающего нужными потребительскими свойствами. Так, чугун может быть готовой продукцией, если он в дальнейшем является сырьем для изготовления агрегатов или металлических изделий.

Иногда результатом производственного процесса является *полупродукт* — вещество, применяемое для получения других соединений. Примерами полупродуктов являются переделный чугун, используемый для получения разных сталей, или смолотая мука, применяемая для изготовления макарон.

Получение готовой продукции и полупродуктов невозможно без *сырья* — исходных веществ, из которых получается необходимая продукция. Так, сырьем для получения различных чугунов являются железные руды и кокс (последний является и топливом, и составной частью готовой продукции, и материалом для получения восстановителя).

При получении готовой продукции и полупродуктов могут образовываться *отходы производства* — часть некондиционной готовой продукции или побочные продукты, не являющиеся целью данного производства. Их примерами являются лом и кирпичная крошка в получении кирпича и т. д.

Задания для самостоятельной работы

1. Признаки химической технологии: а) изучение свойств вещества; б) получение готового продукта из сырья; в) очистка отходящих газов; г) наука и экономически и экологически обоснованная деятельность по получению веществ.

2. Что такое полупродукт?

3. Что такое готовая продукция: а) вещество, не являющееся целью данного производства; б) вещество, инородное для данной среды; в) вещество, являющееся целью данного производства, с ценными

потребительскими свойствами; г) азот, полученный при перегонке жидкого воздуха?

4. Закончите фразу: «Часть некондиционной готовой продукции или побочные продукты, которые не являются целью данного производства, представляют собой _____».

5. Закончите фразу: «Производственный процесс, в котором постоянно поступает сырье и сопутствующие материалы и постоянно выделяется готовая продукция, называется _____».

6. Найдите материал, раскрывающий заслуги ученых в области развития химической промышленности в IX, XX и XXI вв. Ответ можно оформить в таблице:

| ФИО ученого/группы ученых | Научный и практический результат |
|---------------------------|----------------------------------|
| | |

7. Подготовьте сообщение о становлении химической промышленности в России.

2.2. Важнейшее технологическое оборудование, применяемое в химической технологии

2.2.1. Теплообменники

Устройства, в которых осуществляется **теплообмен** (обмен тепловой энергией) называются **теплообменниками** [126, с. 25]. Различают нагреватели и охладители, в зависимости от задач, которые ставятся производственным процессом. Так, если происходит охлаждение отходящих газов процесса, то в этом случае они — охладители; если же в них происходит нагревание газов, поступающих в производственный процесс, — то нагреватели. Процессы нагревания и охлаждения являются **сопряженными** (без нагревания нет охлаждения, и наоборот). В качестве носителей энергии могут выступать два газа, две жидкости, а также газ и жидкость.

По способу передачи теплоты их подразделяют на поверхностные и смесительные. В поверхностных теплообменниках отсутствует непосредственный контакт теплоносителей, и передача тепла происходит через твердую стенку. В смесительных теплообменниках теплоносители контактируют непосредственно друг с другом.

Поверхностные теплообменники подразделяются на рекуперативные, регенеративные и смесительные.

Рекуперативными называют теплообменники, в которых горячий и холодный теплоносители движутся в разных каналах, в стенке между которыми происходит теплообмен. В постоянных условиях параметры

теплоносителей на входе и в любом сечении каналов остаются неизменными, независимыми от времени (теплопередача стационарна), поэтому такие теплообменники называют **стационарными**.

В зависимости от направления движения теплоносителей рекуперативные теплообменники подразделяют на прямоточные и противоточные.

Когда теплоносители движутся параллельно в одинаковом направлении, тогда теплообменник называют прямоточным, а при противоположном направлении движения — противоточным. В теплообменнике с перекрестным током теплоносители движутся во взаимно перпендикулярных направлениях, при этом возможен однократный и многократный перекрестный ток. Встречаются и более сложные схемы движения теплоносителей.

Конструктивно рекуперативные теплообменники выполняются трубчатыми (кожухотрубный теплообменник) и пластинчатыми (пластинчатый теплообменник) рабочими поверхностями (рис. 1). Возможны теплообменники с рабочей поверхностью в виде вращающейся трубы (в них можно получить значительное увеличение коэффициента теплопередачи).



а



б

Рис. 1

Теплообменные аппараты:

а — пластинчатый; *б* — кожухотрубный.

Регенераторными рекуперативными теплообменниками называют такие теплообменники, которые предназначены для утилизации теплоты в газотурбинных установках. Теплообменники для рассеивания теплоты горячей воды в окружающее пространство называют радиаторами. Назначением определяются также названия: воздухоподогреватели, маслоохладители, пароперегреватели и т. д.

В регенеративном теплообменнике одна и та же поверхность попеременно омывается и горячим, и холодным теплоносителем. При со-

прикосновении с горячим теплоносителем стенка аккумулирует теплоту, а затем отдает ее холодному теплоносителю.

Характерной особенностью регенеративного теплообменника является нестационарный режим теплообмена. Чтобы он протекал непрерывно при одинаковой продолжительности нагрева и охлаждения, необходимо, чтобы такой теплообменник имел две параллельно работающие секции.

Внутренняя полость теплообменника заполняется насадкой, изготовленной из кирпича, металла или другого материала.

В **смесительных теплообменниках** теплоносители перемешиваются, так как они непосредственно соприкасаются друг с другом. Их еще называют **контактными**. Теплообмен в таком аппарате имеет стационарный характер и сопровождается испарением жидкости. Такие теплообменники целесообразно применять для теплоносителей, которые легко разделить после теплообменного аппарата. Примером такой пары теплоносителей является вода и воздух. Важным фактором в рабочем процессе смесительного теплообменника является величина поверхности соприкосновения теплоносителей, зависящая от их степени дробления. Для увеличения поверхности теплообмена на пути движения теплоносителей размещают насадку, представляющую собой деревянные решетки или слой кускового материала (куски керамики, кокса и т. д.). Пленка жидкости на поверхности насадки представляет собой дополнительную поверхность контакта, которая иногда является основной поверхностью теплообмена.

Из рассмотренных видов теплообменников самое широкое применение находят рекуперативные теплообменники.

По конструкции выделяют следующие теплообменники.

1. Объемные: в них одна из сред имеет значительный объем в теплообменнике и сосредоточена в баке большого объема, а вторая протекает через змеевик.

2. Скоростные или кожухотрубные: среды движутся с достаточно большой скоростью для увеличения коэффициента теплоотдачи; много мелких трубочек находятся в одной большой части (кожух); среды движутся: одна в межтрубном пространстве, а другая внутри трубочек; обычно в трубочках находится более «загрязненная» среда, так как их легче чистить.

3. Пластинчатые теплообменники состоят из набора пластин; среды движутся между пластинами; просты в изготовлении (штампованные пластины складываются с прокладками между ними), легко модифицируются (добавляются или убираются пластины); эффективны (обладают большой площадью контакта за счет пластин).

4. Пластинчато-ребристые теплообменники состоят из системы разделительных пластин, между которыми находятся ребристые поверхности — насадки, присоединенные к пластинам пайкой в вакууме. С боков каналы ограничиваются брусками, поддерживающими пластины и образующими закрытые каналы. Основу пластинчато-ребристого теплообменника образует жесткая и прочная цельно-паянная теплообменная матрица, построенная по сотовому принципу и работоспособная при давлении от 100 атм. и выше. В пластинчато-ребристых теплообменниках имеется большое число насадок, что позволяет подбирать геометрию каналов для каждого из потоков, реализовывая оптимальную конструкцию. Достоинствами этих теплообменников являются компактность и легкость, которые обеспечиваются применением легких алюминиевых сплавов для их изготовления.

5. Оребренные пластинчатые теплообменники состоят из тонкостенных оребренных панелей, соединенных поочередно с поворотом на 90°. За счет особенностей конструкции и многообразия примененных материалов достигаются высокие температуры греющих сред, небольшие сопротивления, высокие показатели отношения теппередающей площади к массе теплообменника, длительный срок службы, низкая стоимость и др. Используются для утилизации тепла отходящих газов.

6. Спиральные теплообменники представляют собой два спиральных канала, навитых из рулонного материала вокруг центральной разделительной перегородки — керна; среды движутся по каналам. Одно из назначений спиральных теплообменников — нагревание и охлаждение высоковязких жидкостей.

Пластинчатые теплообменники (рис. 2) эффективнее кожухотрубных, так как у них коэффициент теплопередачи более чем в три раза больше, и коэффициент полезного действия у них составляет 90–95%, а занимаемая площадь в 3–4 раза меньше, чем у кожухотрубных.



Рис. 2

Пример конструкции пластинчатого теплообменника

Кроме того, пластинчатые теплообменники, оснащенные средствами автоматики, отрегулированные надежной арматурой, позволяют снизить количество теплоносителя, идущего на нагрев воды, а это позволяет снизить нагрузки на сетевые насосы, уменьшить потребление электроэнергии и т. д.

2.2.2. Скрубберы

Устройства, применяемые для очистки твердых или газообразных сред от примесей в различных химико-технологических процессах, называются **скрубберами** (рис. 3). По способам применения различают два типа скрубберов: газоочистительные аппараты, основанные на промывке газа жидкостью, и барабанные машины для промывки полезных ископаемых и те, которые основаны на аэродинамических свойствах трубки Вентури (рис. 4).

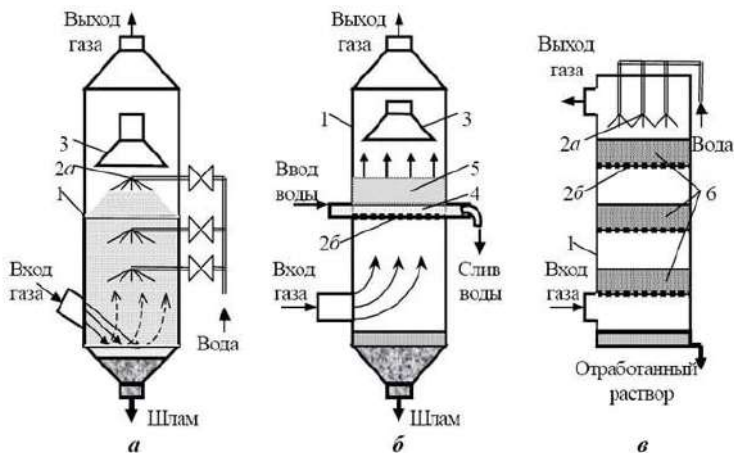


Рис. 3

Схема форсуночного скруббера (а), барботажно-пенного пылеуловителя (б) и орошаемой противопоточной насадочной башни (в):
 1 — корпус; 2а — форсунка; 2б — решетка; 3 — брызгоуловитель; 4 — вода; 5 — пена; 6 — насадка.

Принцип действия этих скрубберов основан на аэродинамических свойствах трубки Вентури, которая является трубой, напоминающей по форме песочные часы. Состоит из конуса, который переходит в горловину, расширяющуюся в полноценный диффузор.

В трубку Вентури, оснащенную форсункой для подачи жидкости, поступает загрязненный газ. Сечение конуса сужается, за счет

чего газ и жидкость движутся быстрее — возникает эффект турбулентности, дробящий поток на капли, на поверхности которых адсорбируются твердые частицы. Когда поток капель попадет в расширенную часть аппарата, турбулентность ослабевает, частицы жидкости коагулируют, и капли оседают на дно, поступают в сборники, а очищенный газ поступает в атмосферу или туда, куда необходимо по технологическому процессу.

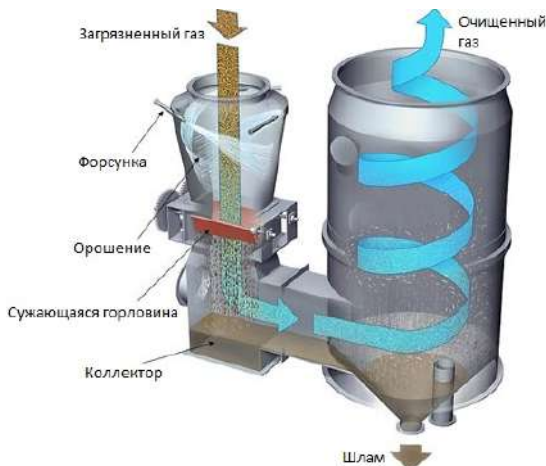


Рис. 4
Схема трубки Вентури

2.2.3. Некоторые типы реакторов

Реактор — это аппарат, в котором происходит какая-то реакция. В химической технологии применяют реакторы, в которых реализуются различные процессы, в том числе и химические реакции. Типичные реакторы — промышленные печи, контактные аппараты, реакторы с механическим, пневматическим и струйным перемешиванием, варочные котлы, гидраторы. Основные требования к промышленным реакторам:

1. Максимальная производительность и интенсивность работы.
2. Высокий выход продукта и наибольшая селективность процесса.
3. Минимальные энергетические затраты на перемешивание и транспортировку материалов через реактор, а также наилучшее использование теплоты экзотермических реакций или теплоты, подводимой в реактор для нагрева реагирующих веществ для оптимальных температур.

4. Легкая управляемость и безопасность работы.
5. Низкая себестоимость изготовления реактора и его ремонта.
6. Устойчивость работы реактора при значительных изменениях основных параметров режима [91, с. 31].

Как правило, в технологической схеме химический реактор сопряжен с аппаратами подготовки сырья и аппаратами разделения реакционной смеси и очистки целевого продукта. Конструкция и режим работы химического реактора определяют эффективность и экономичность всего химико-технологического процесса. Выбор конструкции и размеров химического реактора определяется скоростями протекающих в нем химических реакций и процессов массо- и теплообмена. При этом задаются производительность установки, элементом которой является химический реактор, и степень превращения сырья [15; 56; 91; 126; 146].

Конструктивно химические реакторы могут иметь различную форму и устройство, так как в них осуществляются разнообразные химические и физические процессы, протекающие в сложных условиях массо- и теплопередачи. По назначению химические реакторы делят на реакторы для гомогенных процессов, реакторы для гетерогенных процессов и реакторы для гетерогенно-каталитических процессов.

В качестве примеров рассмотрим реактор, применяемый в химической технологии (рис. 5) [126, с. 65].

Реакторы, так же как и химические процессы, делят по наивысшей температуре процесса на низко- и высокотемпературные; по применяемому давлению — на аппараты, работающие на высоком, повышенном, нормальном и низком (под вакуумом) давлениях. Реакторы также классифицируют по фазовому состоянию реагентов на аппараты для осуществления гомогенных и различных гетерогенных процессов. Наиболее важными критериями для классификации химических реакторов являются: 1) непрерывность или периодичность операции; 2) режим движения и перемешивания реагентов; 3) температурный режим в реакционном объеме аппарата.

Широкое применение в химической технологии находят химические реакторы, конструкция которых весьма разнообразна и зависит от особенностей химического процесса. Поглотительные башни (колонны) применяются и в других химических производствах, но характер протекающих в них процессов иной. Существуют химические реакторы иной конструкции, например колонна синтеза аммиака; реактор (поглотительная башня), в котором диоксид серы окисляется до триоксида, и т. д. Их рассматривают при изучении соответствующих производств.



Рис. 5

Реактор с мешалкой

2.2.4. Насосы, центрифуги и другое оборудование

В технологиях, включая химическую технологию, обязательно применение устройств для перемещения газов или жидкостей, называемых *насосами*.



Рис. 6

Внешний вид разновидности насоса,
применяемого в промышленности

Промышленные насосы применяются в системах подачи воды и охлаждения промышленных установок, в системах смазки и подачи топлива, для повышения давления и промывки узлов и деталей под

давлением и т. д. В химической отрасли они обеспечивают отсутствие контакта человека со средами, которые агрессивны по отношению к человеку и окружающей среде.

В химических технологических процессах часто необходимо разделить взвешенные системы, что достигается применением **центрифуг** — аппаратов, в которых взвеси разделяются под воздействием центробежных сил, возникающих при круговом движении. Различают осадительные и фильтрующие центрифуги.

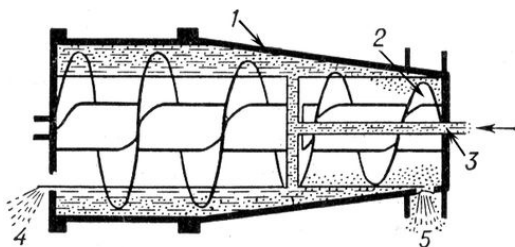


Рис. 7

Схема непрерывно действующей осадительной центрифуги:

1 — ротор; 2 — выгружающий шнек; 3 — подвод суспензии; 4 — отвод фугата; 5 — выгрузка осадка.

В химической технологии для разделения смесей часто применяют **фильтрование** — механическое разделение смесей, состоящих из твердых и жидких компонентов, пористыми материалами.

Слово «фильтр» многозначно. С точки зрения химии и химической технологии оно означает: 1) пористый материал, через который пропускается смесь твердого и жидкого веществ и механически разделяется; 2) устройство, в котором происходит механическое разделение смесей.

Фильтрованием разделяют смеси различных агрегатных состояний, исключая газообразные, поэтому конструкционные формы фильтров-устройств крайне разнообразны.

На рисунке 8 изображена схема конструкции одного из промышленных фильтров. Рассмотрите этот рисунок и охарактеризуйте его работу.

Машины и аппараты химической промышленности являются основой химико-технологических производств. Известно свыше 12 тыс. наименований и типоразмеров [56, с. 8]. Например, одна установка для производства этилена и пропилена содержит до 40 различных колонн, 250 теплообменников, 50 емкостных аппаратов, печи пиролиза,

компрессорные установки, большое количество насосов, арматуры, различных коммуникаций, контрольно-измерительных приборов и средств автоматики, связанных в единую технологическую линию [56, с. 8]. Таким образом, данный пример и обозначенные выше аппараты и оборудование свидетельствуют о масштабности проблем не только в области развития современной химической промышленности, но и в создании высокопроизводительного оборудования. Но рассмотренные примеры дают общее представление об аппаратах, применяемых в химической технологии. В следующих разделах будут охарактеризованы технологические процессы получения некоторых наиболее важных неорганических и органических веществ.

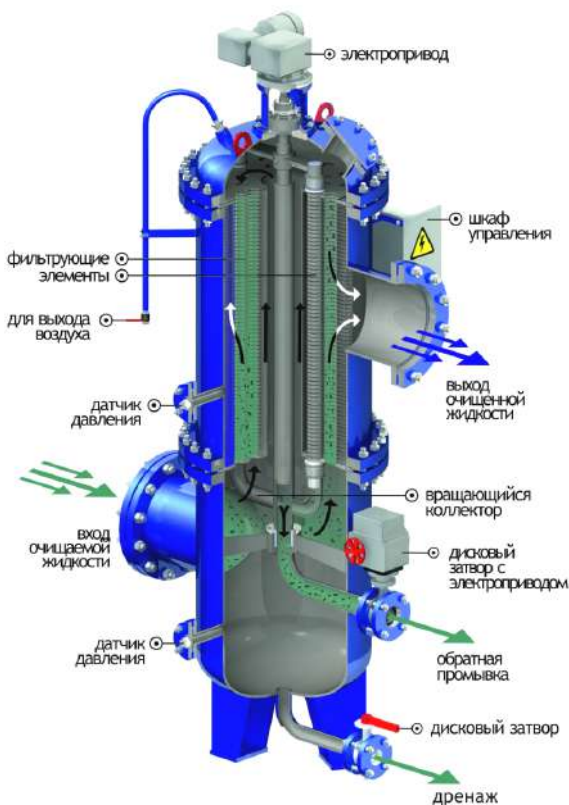


Рис. 8

Схема конструкции одного из промышленных фильтров

Задания для самостоятельной работы

1. При работе теплообменника реализуются принципы научно-го химического производства: а) противоток; б) циркуляция; в) оптимальные условия (давление и пр.); г) обмен тепловой энергией; д) теплообмена.

2. Назовите три типа теплообменников по их конструкции и покажите различия между ними.

3. Чем поверхностные теплообменники отличаются от смешивательных?

4. Закончите фразу: «Устройства, в которых реализуется обмен тепловой энергией, называют _____».

5. Закончите фразу: «Нагревание и охлаждение относят к процессам _____»: а) сопряженным; б) непрерывным; в) теплообмена; г) циклическим.

6. Какую роль в химической технологии играют скрубберы?

7. Назовите виды скрубберов и укажите различия в их назначении.

8. На чем основан принцип действия трубки Вентури?

9. Закончите фразу: «Устройства, применяемые для очистки твердых или газообразных сред от примесей, называются _____».

10. Где применяют скрубберы: а) при синтезе аммиака; б) в производстве соляной кислоты; в) при получении капроновых нитей из твердого капрона; г) в производстве азотной кислоты при поглощении нитрозных газов?

11. Поясните, что такое реакторы, какие типы реакторов существуют и используются в химической промышленности.

12. Поясните, чем поглотительные башни, применяемые в производстве серной кислоты, отличаются от таковых, применяемых в производстве соляной кислоты.

13. Поясните, какие процессы протекают в установках по получению азота и разных нефтепродуктов в установках по перегонке нефти и почему.

14. Дополните фразу: «Устройство, в котором происходит какой-то химический или физико-химический процесс, называется _____».

15. Назовите оборудование, которое является химическим реактором: а) центрифуги; б) колонна синтеза аммиака; в) аппарат для сорбции нитрозных газов; г) ректификационная колонна; д) устройство, в котором осуществляется крекинг.

16. Закончите фразу: «Устройства, применяемые для перемещения газов или жидкостей в химической промышленности, называют _____».

17. Закончите фразу: «Насосы в химической промышленности _____»: а) поглощают газы; б) перемещают жидкости; в) адсорбируют газы; г) перемещают газы.

18. Назовите виды насосов по принципу действия и отличия между ними.

19. К динамическим насосам относят: а) струйные; б) объемные; в) центробежные; г) вихревые.

20. Поясните, в чем состоит различие центробежных и струйных насосов.

21. Дополните фразу: «Аппараты, в которых взвеси разделяют воздействием центробежных сил, возникающих при круговом движении, называют _____».

22. Поясните, на чем основан принцип действия центрифуг, и каково их предназначение в химической промышленности.

23. Назовите виды центрифуг по принципу их действия, и какие различия они имеют.

24. Охарактеризуйте рисунок 7.

25. Дополните фразу: «Осветленная жидкость, получаемая при центрифугировании, называется _____».

26. Дополните фразу: «Механическое разделение смесей, состоящих из твердых и жидких компонентов пористыми материалами, называют _____».

27. Почему фильтрование применяется в химической промышленности?

28. Что такое фильтр с химической точки зрения, и каковы его особенности?

29. Используя рисунок 8, охарактеризуйте особенности одной из конструкций промышленного фильтра.

30. Дополните фразу: «Фильтрование в химической промышленности используют _____»: а) при разделении смеси хлоридов натрия и калия, не содержащей нерастворимых веществ; б) в водоподготовке на стадии отделения тонкодисперсных нерастворимых примесей; в) при разделении этанола и воды; г) при отделении осадка от жидкой фазы.

Предметный тест к главе 2

1. В химической промышленности используют оборудование: а) насосы при ремонте автомобилей; б) центрифуги для разделения

смесей; в) фильтрацию для получения чистого продукта; г) насосы для перемещения веществ в производственном процессе; д) скрубберы для растворения газов;

2. Закончите фразу: «Нагревание и охлаждение относят к процессам _____»: а) циклическим; б) непрерывным; в) теплообмена; г) сопряженным.

3. Дополните фразу: «Фильтрация в химической промышленности используют _____»: а) при отделении осадка от жидкой фазы; б) в водоподготовке на стадии отделения тонкодисперсных нерастворимых примесей; в) при разделении этанола и воды; г) разделении смеси хлоридов натрия и калия, не содержащей нерастворимых веществ.

4. Где применяют скрубберы: а) при синтезе аммиака; б) в производстве соляной кислоты; в) при получении капроновых нитей из твердого капрона; г) в производстве азотной кислоты при поглощении нитрозных газов; д) при получении серной кислоты (образование олеума); е) в аппарате для окисления диоксида серы в триоксид?

5. Назовите оборудование, которое является химическим реактором: а) центрифуги; б) колонна синтеза аммиака; в) аппарат для сорбции нитрозных газов; г) ректификационная колонна; д) устройство, в котором осуществляется крекинг.

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ. ОБОБЩЕНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ О ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ И ХИМИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

3.1. Metallургическое производство. Промышленное получение и применение некоторых неорганических соединений

Металлы и сплавы условно подразделяют на черные (железо и его сплавы) и цветные (все остальные). Metallургия также подразделяется на черную и цветную. Metallургия — отрасль промышленности и наука о способах производства металлов и их сплавов [80; 81; 120].

Химико-технологический процесс включает три основные стадии:

- 1) подготовка сырья;
- 2) химические превращения;
- 3) выделение целевого продукта.

В случае metallургического производства выделяют этапы:

- 1) предварительная подготовка сырья;
- 2) восстановление металла;
- 3) очистка восстановленного металла [81, с. 150].

Изучение каждой стадии базируется на знаниях учения о химических превращениях, физико-химических свойствах и явлениях, а также интеграции знаний из математики, физики, механики, экономики и т. д. В школьном курсе химии эффективно перенос знаний и умений осуществляется в дисциплинах естественнонаучного цикла — от географии к химии, от химии к физике и математике.

География производства чугуна и стали

Расположение российских предприятий черной metallургии зависит прежде всего от близости к месторождениям железных руд и других полезных ископаемых. Так, например, metallургические комбинаты, занимающиеся производством чугуна и стали, находятся в тех областях, где, во-первых, недалеко расположены месторождения железных руд, и во-вторых, много лесов (так как для восстановления железа необходим древесный уголь). При строительстве metallургии-

ческих предприятий учитывается также обеспеченность электроэнергией, природным газом и водой (<http://www.metaprom.ru/articles/a501-obzor-krupneyshih-metall-urgicheskikh-zavodov-rossii>).

Существует несколько разновидностей предприятий черной металлургии.

1. Металлургические предприятия полного цикла (занимаются производством чугуна, стали и проката).

2. Предприятия передельной металлургии (предприятия без выплавки чугуна).

3. Предприятия малой металлургии (машиностроительные заводы, занимающиеся выпуском стали и проката).

Самыми мелкими металлургическими предприятиями являются заводы; более крупными — комбинаты. И комбинаты, и заводы могут объединяться в холдинги.

На сегодняшний день в России существуют три металлургические базы:

1. Уральская металлургическая база;

2. Центральная металлургическая база;

3. Сибирская металлургическая база (<http://www.metaprom.ru/articles/a501-obzor-krupneyshih-metallurgicheskikh-zavodov-rossii>).

Сырьем для производства черных металлов является железная руда. Из нее вначале получают чугун, а затем в специальных печах, уменьшая содержание углерода, из чугуна выплавляют сталь.

3.1.1. Общие сведения о производстве чугуна

Сырьем доменного процесса являются: железные руды, лом, кокс, флюсы. Процесс получения чугуна в домнах называется варкой чугуна.

К железным рудам относят: FeCO_3 — сидерит; Fe_3O_4 — магнитный железняк, магнетит; Fe_2O_3 — гематит, красный железняк; $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times \text{H}_2\text{O}$ — лимонит, бурый железняк. Кроме железных руд источниками железа в доменном процессе являются продукты обжига сульфидов железа и железный лом.

Кокс в доменном процессе многофункционален: он является топливом, сырьем для получения восстановителя и восстановителем. Для интенсификации доменного процесса используют метан (топливо и сырье для получения восстановителей — водорода и угарного газа).

Для удаления примесей из получающегося чугуна используют флюсы. Для кислых руд флюсом является известняк (CaCO_3); для основных руд — диоксид кремния (SiO_2). Кислые руды в качестве при-

месей содержат диоксид кремния; основные руды — карбонаты кальция и магния.

В результате доменного процесса получают чугун, шлак и доменный (колошниковый) газ, который используется в качестве топлива на металлургических заводах.

В промышленности получение железа осуществляют в два этапа на различных производствах [120, с. 343].

Доменный процесс — варка чугуна. При выплавке чугуна решаются задачи:

- восстановление железа из оксидов руды, науглероживание его и удаление в виде жидкого чугуна определенного химического состава;
- оплавление пустой породы руды, образование шлака, растворение в нем золы кокса и удаление его из печи.

Сплав железа с углеродом, содержащий до 4,5% углерода, 0,5–2% кремния, 1–3% марганца, 0,02–2,5% фосфора и 0,005–0,08% серы, называют чугуном. Он хрупок, не ковок и непластичен. Различают серый (литейный) и белый (передельный) чугун. В белом чугуне углерод содержится в виде цементита (Fe_3C). Серый чугун применяют для получения различных деталей машин, посуды; белый — полностью переплавляется в сталь.

Чугун получают в домнах (рис. 9) — шахтных печах непрерывного действия — вертикальных сооружениях, расширяющихся книзу (шахта) до самой широкой части — распара, после чего сужается и самая узкая часть домны — *под* доменной печи. Доменная печь имеет стальной кожух, выложенный огнеупорным шамотным кирпичом. Полезная высота доменной печи (H) достигает 35 м, а полезный объем — 2000–5000 м³.

При работе печи шихтовые материалы, проплавляясь, опускаются, а через загрузочное устройство подают новые порции шихты, чтобы весь полезный объем был заполнен. В районе распара имеются фурмы, при помощи которых в домну подаются воздух и небольшое количество метана для оптимизации процесса. В верхнюю часть домны через загрузочное устройство поступает *шихта* — смесь руды, кокса и флюсов в определенных количественных соотношениях, которая, постепенно нагреваясь, поступает в низ домны (поэтому домна книзу расширяется). После плавления железа объем смеси уменьшается, поэтому в районе пода доменная печь сужается. Над расплавленным чугуном находится слой шлака (его плотность около 2,5 г/см³, а плотность чугуна — 6,9 г/см³). Накопившийся шлак периодически выпускают через *летку* (на рис. 9 см. *фурма*). Шлак, с

одной стороны, очищает чугун от примесей, а с другой — предохраняет расплавленный чугун от окисления.

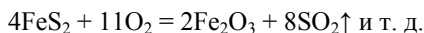
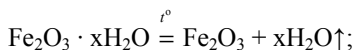


Рис. 9

Схема доменного процесса и строения домны

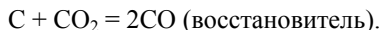
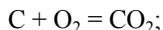
Химизм доменного процесса. При протекании доменного процесса реализуется большое число химических процессов. Рассмотрим наиболее важные из них. Эти процессы условно подразделяют на группы.

1. Получение оксидов железа:

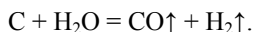
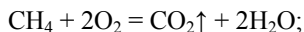


2. Получение восстановителя:

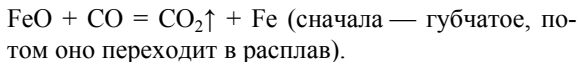
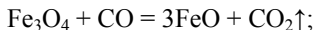
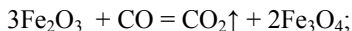
2.1. Получение монооксида углерода:



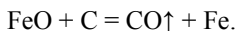
2.2. Получение смеси водорода и угарного газа:



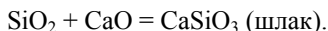
3. Восстановление оксидов железа:



При 1000°C возможен процесс:



4. Образование шлака (шлакообразование):

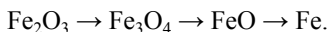


Шлак имеет более низкую температуру плавления, чем примеси; кроме того, шлак предотвращает окисление расплавленного железа кислородом воздуха, подступающего в дому.

Доменный процесс завершается образованием чугуна:



Восстановление железа происходит по мере продвижения шихты вниз по шахте и повышения температуры от высшего оксида к низшему в несколько стадий:



Температура определяет характер протекания химических реакций.

В доменном процессе используются следующие принципы научного химического производства: все общие принципы, а также: непрерывность процесса, противоток, использование оптимальных температур, утилизация тепла, комплексное использование сырья и отходов (шлак используют для получения строительных материалов и т. д.). Производство чугуна является экологически опасным процессом и в этом смысле требует усовершенствования. Одновременно углерод восстанавливает и другие вещества: марганец, кремний, фосфор, серу, содержащиеся в руде. Карбид железа вместе с этими веществами и представляет собой чугун.

Для понижения температуры плавления пустой породы в печь загружаются флюсы (обычно известняк).

В результате взаимодействия пустой породы с флюсами образуются легкоплавкие соединения (шлаки). Шлаки содержат Al_2O_3 , CaO , MgO , SiO_2 , MnO , FeO , CaS . Обладая меньшим удельным весом, шлаки располагаются выше жидкого чугуна и по мере накопления удаляются через шлаковую летку, после чего сливают чугун (каждые 4–6 ч).

Чугуны в зависимости от свойств и назначения подразделяют на белые и серые. В белых чугунах весь углерод находится в химически

связанном состоянии с железом, а в серых — часть углерода находится в свободном состоянии в виде графита. Белые чугуны в основном переплавляются на сталь, поэтому их называют передельными. Серые чугуны (или литейные) обладают высокими литейными свойствами, и их используют для отливки строительных изделий.

Задания для самостоятельной работы

1. Что такое металлургия?
2. Чугун — это ...
3. Какие химические реакции протекают в доменной печи при восстановлении железа из руд? Поясните это на примере восстановления железа из магнитного железняка.
4. Какова роль кокса в доменном процессе?
5. Почему в доменных печах нельзя получить чистое железо?
6. Объясните, с какой целью воздух, поступающий в доменную печь, обогащают кислородом.
7. Какова роль шлака в производстве чугуна?
8. Поясните, что такое доменный процесс, и приведите два примера его влияния на природные экологические процессы.
9. Охарактеризуйте три стадии химических процессов в доменном производстве.
10. Приведите примеры не менее трех принципов научного химического производства, которые применяются при получении чугуна.
11. Для доменного производства характерно: а) в нем готовой продукцией являются сплавы железа с низким содержанием углерода (менее 0,5%); б) в нем кокс топливо (может быть и др.); в) его готовая продукция — разные виды чугунов; г) кокс в этом процессе и восстановитель, и сырье для получения основного восстановителя; д) непрерывный процесс.
12. Дополните фразу: «Смесь руды, кокса и флюсов в определенных количественных соотношениях называется _____».

3.1.2. Общие сведения о производстве стали

Основным сырьем при производстве сталей служат передельный чугун и стальной лом.

Стали — сплавы железа, содержащие 1,7% и менее углерода (по массе). Различают *твердые* (1,7–0,3% углерода) и *мягкие* (менее 0,3% углерода) стали. Кроме углерода в сталях содержатся и другие компоненты, придающие им особые свойства, позволяющие применять их в различных областях народного хозяйства.

Сущность варки стали состоит в проведении процессов удаления из чугуна избыточного углерода и неметаллических примесей (серы, фосфора и др.). Применяют различные способы варки стали, среди которых наиболее распространены конверторные, мартеновские и электрометаллургические методы. Процесс выплавки стали заключается в уменьшении содержания вредных примесей (серы, фосфора), углерода, кремния и марганца в чугуне. Конверторные способы подразделяют на бессемеровский, томасовский и конверторный с кислородным дутьем сверху. Последний метод является самым эффективным, так как при небольшом времени на реализацию процесса в его результате получают стали высокого качества.

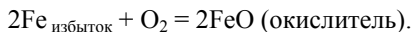
Стали специального назначения, обладающие особыми свойствами, варят в электропечах.

При конвертерном способе производства стали расплавленный чугун продувается сжатым воздухом. При этом кислород взаимодействует с примесями, окисляет их и переводит в шлак.

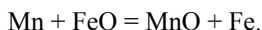
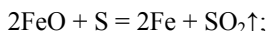
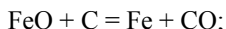
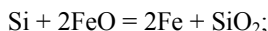
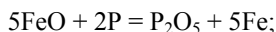
Конвертер (рис. 10) представляет собой грушевидный сосуд, вращающийся вокруг горизонтальной оси для заливки чугуна и выпуска стали. Емкость конвертера достигает 35 т и более. Качество конвертерной стали уступает мартеновской, так как она содержит пузырьки воздуха, образующиеся при продувке, а также фосфор и серу, повышающие хрупкость стали. Это ограничивает ее применение для конструкций, подвергающихся ударным нагрузкам (подкрановые балки, мосты). Из конвертерной стали готовят прокатные профили, листовую сталь, трубы и др.

Рассмотрим химизм наиболее важных процессов, протекающих при варке стали. Их условно подразделяют на следующие группы процессов.

1. *Получение окислителя* (примеси удаляют за счет их окисления и проведения реакций, позволяющих удалить продукты окисления из сплава, если это не газы):



2. *Окисление примесей* (окисляются как металлические, так и неметаллические примеси — C, P, S, Si, Mn и др.):



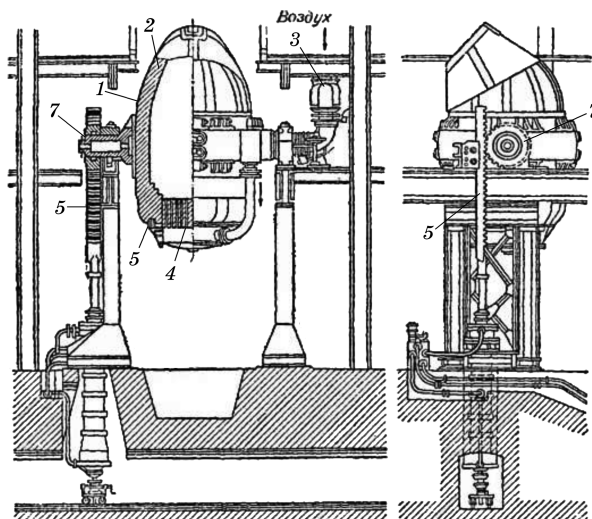
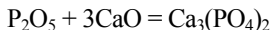
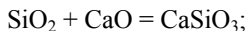


Рис. 10

Конвертер:

1 — вращающийся грушевидный сосуд; 2 — футеровка; 3 — воздухопровод; 4 — трубки для подачи воздуха в конвертер; 5 — днище конвертера; 6 и 7 — рейка и зубчатое колесо для поворота конвертера.

3. *Шлакообразование.* Оксид фосфора (V) и диоксид кремния удаляются за счет реакции с оксидом кальция, который или содержится в футеровке аппарата, или добавляется в виде известняка:



(шлак — смесь полученных веществ).

Получающиеся шлаки можно использовать как удобрения (томашлак) или в производстве строительных материалов.

4. *Раскисление (удаление избытка окислителя).* Избыток оксида железа (II) удаляют, вводя раскислители — металлы, восстанавливающие этот оксид. Наиболее часто применяют марганец или алюминий. Эти металлы одновременно являются и легирующими добавками, т. е. они придают сталям специфические, эксплуатационно полезные свойства. Такими добавками являются хром, титан, ванадий и т. д.

В настоящее время благодаря достоинствам конвертерного способа — высокой производительности и низкой стоимости стали — изыскиваются пути повышения качества конвертерной стали с тем, чтобы этот способ стал основным в сталелитейной промышленности.

Одним из средств повышения качества конвертерной стали является применение кислородного дутья.

Мартеновский способ отличается от конвертерного выплавкой стали на поду пламенной мартеновской печи. Печь имеет свод, отражающий тепловой поток на материал, расплавляя его. Для получения требуемой температуры в печи сжигают газ. Устройство современной мартеновской печи показано на рисунке 11. Сырьем при мартеновском способе служат чугун и стальной лом. Возможность использовать стальной лом является большим преимуществом мартеновского способа.

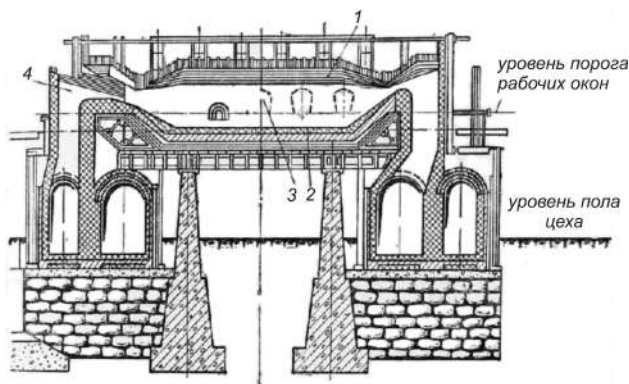


Рис. 11

Мартеновская печь:

1 — свод; 2 — под; 3 — отверстия для загрузки печи; 4 — воздушные каналы.

В мартеновскую печь последовательно загружают стальной лом, флюсы и чугун. Флюсы и образующаяся при окислении железа FeO вступают в химическую реакцию с вредными примесями и переводят их в шлак, который всплывает, скапливаясь на поверхности стали. В результате взаимодействия с вредными примесями переходит в железо.

В настоящее время достигнуты огромные успехи в области сталеварения. Применение кислородного дутья позволило значительно увеличить производительность мартеновских печей.

При мартеновском способе не только используют стальной лом, но и получают высококачественные стали требуемого химического состава и свойств. Эти стали применяются для изготовления наиболее ответственных строительных конструкций ферм, мостов, подкрановых балок, рельсов для железных дорог и т. д.

Электроплавка. Специальные легированные стали высокого качества получают в электрических печах. Наиболее распространены дуговые печи, в которых материалы плавятся за счет тепла электрической дуги, образующейся между электродами и металлом. Процесс получения стали в электропечах аналогичен мартеновскому способу, но в этом случае нет надобности в топливе и воздухе для его сжигания. Стоимость электростали значительно выше конвертерной и мартеновской. Это объясняется значительным расходом электроэнергии (на выплавку 1 т стали расходуется до 1000 кВт·ч электроэнергии). Однако высокое качество электростали определяет большое будущее этого способа сталеварения [120, с. 345].

Задания для самостоятельной работы

1. Поясните, к каким по цикличности процессам принадлежит сталеварение.
2. С какого процесса начинается варка стали?
3. Охарактеризуйте три стадии химических процессов в сталеварении.
4. Поясните, какой и почему метод варки стали считается оптимальным.
5. Варку стали реализуют в: а) трубчатых печах; б) конверторах; в) мартеновских печах; г) ректификационных колоннах; д) электрометаллургических печах.
6. Дополните фразу: «Сплавы железа, содержащие 1,7% и менее углерода (по массе), называют _____».
7. Какие принципы организации производства реализованы в процессах получения чугуна и стали?

3.1.3. Производство алюминия

Современный метод получения был разработан независимо друг от друга американцем Чарльзом Холлом и французом П. Эру в 1886 г. Он заключается в растворении оксида алюминия Al_2O_3 в расплаве криолита Na_3AlF_6 с последующим электролизом с использованием расходуемых коксовых или графитовых электродов. Такой метод получения требует больших затрат электроэнергии, и поэтому оказался востребован только в XX в. В 1926 г. построена первая крупная гидроэлектростанция на р. Волхов, она явилась энергетической базой первого в СССР Волховского алюминиевого завода (14 мая 1932 г.).

Для производства 1 т алюминия черного требуется 1,920 т глинозёма, 0,065 т криолита, 0,035 т фторида алюминия, 0,600 т анодной массы и 17 тыс. кВт·ч электроэнергии постоянного тока [3; 42; 155].

Технологический процесс получения алюминия состоит из трех основных стадий:

- 1) получение глинозёма (Al_2O_3) из алюминиевых руд;
- 2) получение алюминия из глинозёма;
- 3) рафинирование алюминия.

Глинозём (Al_2O_3) получают различными гидрохимическими методами путем переработки минералов, содержащих соединения алюминия. Например, рассмотрим получение глинозёма из алунитовой руды $[\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{Al}(\text{OH})_3]$, которую сначала обжигают при 500–580°C, а затем обрабатывают раствором аммиака. Оставшиеся в осадке Al_2O_3 и $\text{Al}(\text{OH})_3$ обрабатывают 10–12%-ным раствором NaOH и получают раствор алюмината, из которого при пропускании CO_2 выпадает осадок $\text{Al}(\text{OH})_3$. Последующее прокаливание осадка заканчивает стадию образования глинозёма [3, с. 139].

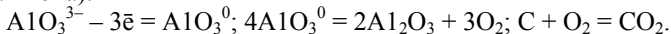
Алюминий получают электролизом расплава оксида алюминия (оксид алюминия не проводит электрический ток и имеет очень высокую температуру плавления); для снижения температуры плавления Al_2O_3 ($t^\circ_{\text{пл.}} = 2050^\circ\text{C}$) его смешивают с криолитом (Na_3AlF_6 , $t^\circ_{\text{пл.}} = 1010^\circ\text{C}$). Химизм электролитического получения алюминия приведен на рисунке 12.

Оксид алюминия считают солью ортоалюминиевой кислоты, формула которой: AlAlO_3 . Эта соль диссоциирует по схеме: $\text{AlAlO}_3 = \text{Al}^{3+} + \text{AlO}_3^{3-}$.

Диссоциация криолита в расплаве: $\text{Na}_3\text{AlF}_6 = 3\text{Na}^+ + \text{AlF}_6^{3-}$. У катода накапливаются ионы Na^+ и Al^{3+} , а у анода — AlO_3^{3-} и AlF_6^{3-} .

Катод изготовлен из алюминия (–): Na^+ и Al^{3+} (восстанавливаются ионы алюминия) $\text{Al}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Al}^0$.

Анод изготовлен из углерода (+): AlO_3^{3-} и AlF_6^{3-} (окисляются ортоалюминат-ионы, так как на окисление гексафтороалюмината необходимо значительно больше энергии, чем на окисление ортоалюминат-иона).



Суммарно: $2\text{Al}_2\text{O}_3$ (расплав + криолит) + $3\text{C} \xrightarrow{\text{эл. ток}}$ $4\text{Al} + 3\text{CO}_2\uparrow$.

Технически алюминий получают в электролизерах (рис. 13), представляющих собой железный кожух (прямоугольную ванну), выложенный изнутри огнеупорным кирпичом. Его дно (под), собранное из блоков спрессованного угля, служит катодом. Аноды (один или несколько) располагаются сверху: это — алюминиевые каркасы, заполненные угольными брикетами.

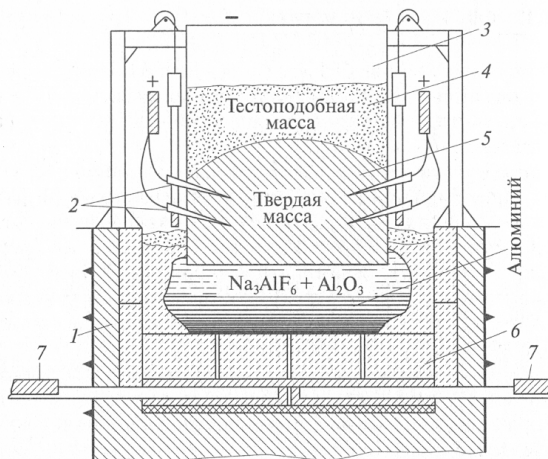


Рис. 12

Схема электролитической ванны для получения алюминия электролитическим способом:

1 — корпус ванны; 2 — проводники, подающие положительный потенциал, создающие анод (дно ванны поляризуется отрицательно, что создает катод; его роль играет расплавленный алюминий); 3 — полость электролитической ванны (верхняя часть), куда поступает смесь оксида алюминия и криолита; 4 — тесто-подобная часть смеси оксида алюминия и криолита; 5 — то же, но твердая масса, которая внизу расплавляется и располагается над расплавом (жидким алюминием); 6 — под ванны; 7 — летки для удаления жидкого алюминия (эта смесь трехслойна: верхняя часть, средняя — твердая, а нижняя — жидкий расплав, контактирующий с жидким алюминием).



а



б

Рис. 13

Производство алюминия:

а — кальцинация — обезвоживание бокситов; *б* — электролитическое получение алюминия.

Расплавленный алюминий и угольные блоки, содержащие стальные стержни, являются катодом. Анод — это угольный или графитовый брус, опущенный в ванну, связанный с электрохимической системой совокупностью проводников. Анод реагирует с кислородом, на нем выделяющимся, с образованием угарного газа и диоксида углерода, расходуется, поэтому постоянно опускается по мере расходования материала анода [28, с. 651–652; 120, с. 182].

Процесс рафинирования проводят в трехслойном электролизере — специальной электролизной ванне с угольными подинами, футерованной магнезитом. Анодом в процессе служит сам расплавленный металл, который подвергается очистке. Он располагается в нижнем слое на токопроводящей подине. Чистый алюминий, который из электролита растворяется в анодном слое, поднимается вверх и служит катодом. Ток к нему подводится с помощью графитового электрода. Электролит в промежуточном слое — это фториды алюминия или чистые, или с добавлением натрия и хлорида бария. Нагревается он до температуры 800°C. Расход электроэнергии при трехслойном рафинировании составляет 20 кВт·ч на один кг металла, т. е. на одну тонну нужно 20 тыс. кВт·ч. Вот почему, как ни одно производство металлов, алюминий требует наличия не просто источника электроэнергии, а крупной электростанции в непосредственной близости. В рафинированном алюминии в очень малых количествах содержатся железо, кремний, медь, цинк, титан и магний. После рафинирования алюминий перерабатывается в товарную продукцию. Это и слитки, и проволока, и лист, и чушки (рис. 14).



Рис. 14

Готовая продукция: проволока, слитки и т. д.

Сырьем в производстве алюминия являются очищенный боксит, криолит, фторид кальция (два последних вещества добавляются для снижения температуры плавления оксида алюминия). 10%-ный раствор-расплав оксида алюминия в криолите подвергают электролизу при 950°C, напряжении 6–7 В и силе тока 1530 кА [135, с. 305].

Производство алюминия требует большого количества электроэнергии, поэтому предприятия по его получению располагают рядом с гидроэлектростанциями. Производство экологически опасно из-за того, что используются соединения фтора, образуется угарный газ, происходит тепловое загрязнение региона и т. д. На это необходимо обратить внимание обучающихся.

Задания для самостоятельной работы

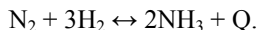
1. Поясните, каков химизм процесса получения алюминия из бокситов.
2. Раскройте необходимость использования криолита в процессе получения алюминия из его оксида.
3. Поясните, какие принципы научного химического производства (не менее двух) не применяются при получении алюминия.
4. Почему алюминий нельзя восстановить из его оксида ни углем, ни оксидом углерода (II), ни водородом?
5. Для производства алюминия характерно: а) является электрохимическим; б) в нем применяют катализаторы; в) для его реализации требуется высокая температура, так как процесс происходит в расплаве глинозёма; г) в нем применяют криолит; д) оно требует большого расхода электроэнергии.
6. В производстве алюминия углерод выполняет роль: а) катода; б) инертного проводника тока; в) реагента для образования углекислого газа; г) анода.

3.1.4. Производство аммиака

В течение 1926–1927 гг. был построен и введен в эксплуатацию цех по производству синтетического аммиака на Чернореченском химическом заводе, 9 февраля 1928 г. наша страна впервые получила синтетический аммиак. Синтез аммиака осуществлялся под давлением 76 МПа и при температуре 450°C на железном катализаторе. Первая очередь установки синтеза аммиака состояла из трех реакторов с внутренним диаметром 400 мм, производительность каждого агрегата составляла 8 т/сут жидкого аммиака, общая мощность установки — около 7,5 тыс. т/год. Как отмечает М. А. Карибьянц, степень превращения за один проход через катализатор азото-водородной смеси составляла 30–35% по сравнению с промышленной установкой синтеза аммиака в Германии — 8–9% [86, с. 5].

Современный способ многотоннажного производства аммиака осуществляют по реакции Ф. Габера — К. Боша (1913–1916 гг.). В особых условиях (высокое давление, 450°C, катализатор — железо,

восстановленное водородом, промотированное метаалюминатом калия) процесс обратим:



Характеристика реакции: обратимая, экзотермическая ($\Delta H^\circ = -92$ кДж), каталитическая (губчатое железо с добавлением оксидов алюминия, калия, кальция, кремния), гетерогенная, с уменьшением объема.

В соответствии с принципом Ле Шателье повышение равновесного выхода аммиака может быть достигнуто при увеличении давления и понижении температуры, что, в свою очередь, приведет к малой скорости химической реакции.

Следуя рисунку 15, азотоводородная смесь засасывается компрессором и сжимается до необходимого давления, поступает в маслоотделитель и фильтры, заполненные прокаленным углем. Очищенная смесь поступает в контактный аппарат — установка синтеза состоит из двух основных узлов: колонны синтеза и системы охлаждения смеси газов после катализа, основное назначение которой — наиболее полное отделение аммиака из циркулирующей смеси.

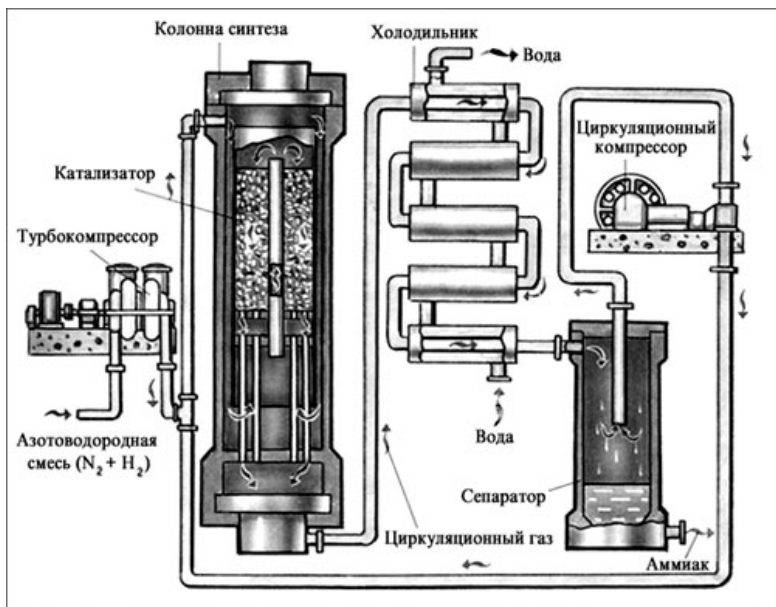


Рис. 15

Принципиальная схема синтеза аммиака

Свежая смесь вместе с циркулирующей поступает в верхнюю часть колонны, отсюда через кольцевое пространство (щель) между корпусом и стенками катализаторной коробки в межтрубное пространство теплообменника в нижней части колонны. Смесь газов нагревается до 300°C за счет тепла прореагировавшей смеси, т. е. свежая холодная азото-водородная смесь все время охлаждает корпус колонны, предотвращая ее перегрев. Это необходимо, так как при 200°C водород начинает взаимодействовать с металлом, разрушая сталь стенки. Оптимальные условия: катализатор губчатое железо, давление 15–100 МПа, температура 400–500°C.

При производстве аммиака используются следующие принципы научного химического производства: принцип противотока, теплообмена, наибольшей поверхности соприкосновения реагентов, непрерывности процесса, оптимальных условий (температур, давления), использования катализаторов, циркуляции (состоит в том, что азот и водород, не вступившие в реакцию, отделяются от аммиака и при помощи циркуляционного насоса возвращаются в колонку синтеза). Можно также отметить принципы: ведение процесса при оптимальных условиях, автоматизация процессов управления и механизация, охрана окружающей среды: герметичность трубопровода, по которому аммиак поступает на склад, а водород и азот в колонну синтеза.

Дополнительная информация: производительность одной колонны в сутки составляет 1000–2000 т, катализатор меняют каждые 5–6 лет. Наиболее распространено производство с использованием среднего давления (25–35 МПа). Выход достигается 10–20%. Отмечается, что проведение процесса при условии отвода образующегося аммиака из реакционной смеси и возвращения непрореагировавших N₂ и H₂ в реактор позволяет достигнуть почти полного связывания азота.

Синтез аммиака — многостадийное производство, включающее процессы получения технологической азотоводородной смеси, реакцию синтеза аммиака и его выделение. Азотоводородную смесь производят на основе синтез-газа [135, с. 340–342]. Приведем в качестве примера некоторые уравнения реакции получения синтез-газа:



Получают аммиак и методом цианамидного синтеза.

Общая схема процесса: $\text{CaO} \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{CaCN}_2 \rightarrow \text{NH}_3$.

Стадии цианамидного синтеза:

- $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO};$

- $\text{CaC}_2 + \text{N}_2 = \text{CaCN}_2 + \text{C}$;
- $\text{CaCN}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{NH}_3\uparrow$.

Недостатком этого метода является необходимость использования карбида кальция — довольно дорогого и неудобного в эксплуатации соединения (самопроизвольно разлагается при контакте с атмосферным воздухом за счет взаимодействия с парами воды, содержащимися в нем).

В небольшом количестве получают аммиак при коксовании угля как побочный продукт.

Задания для самостоятельной работы

1. Поясните, что называется обратимыми реакциями, химическим равновесием, охарактеризуйте условия его смещения.

2. Рассмотрите рисунок 15 и, используя его, охарактеризуйте промышленное получение аммиака.

3. Охарактеризуйте условия промышленного получения аммиака, при которых оно будет оптимальным.

4. Производство аммиака характеризуется: а) катализатором является платина; б) характерен принцип циркуляции; в) процесс получения является обратимым; г) катализатор — железо, промотированное метаалюминатом калия; д) температура процесса — 450°C ; е) процесс необратим.

5. Дополните фразу: «Для получения аммиака в промышленности _____ является специфическим принципом научного химического производства».

6. В промышленности аммиак получают: а) реакцией нашатыря с известью; б) цианамидным синтезом; в) при коксовании угля; г) реакцией сульфата аммония с едким натром; д) синтезом из азота и водорода.

7. Влияет ли повышение давления на скорость реакции в производстве аммиака? Почему?

8. Почему в контактном аппарате по получению аммиака теплообмен осуществляется противотоком?

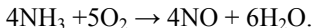
3.1.5. Производство азотной кислоты

Сырье: аммиак, воздух и вода.

В настоящее время основную массу азотной кислоты производят из синтетического аммиака, получаемого на основе конверсии природного газа (в 1916 г. по технологии талантливому русскому инженеру И. И. Андрееву сооружен первый азотнокислотный завод в Донецке) [15; 56; 87; 148].

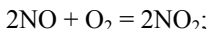
В промышленности азотную кислоту получают при окислении аммиака по стадиям:

- окисление аммиака в контактных аппаратах (условия см. аммиак):

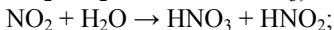
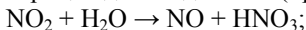


Эту реакцию в промышленных условиях впервые осуществил И. И. Андреев, предложив окислять аммиак воздухом на катализаторе — платиновой сетке:

- окисление монооксида в диоксид — протекает самопроизвольно при обычных условиях:



- сорбция диоксида азота (протекает по схемам):

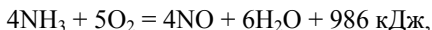


$\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$ (уравняйте эти схемы методом электронного баланса) [120].

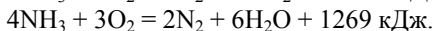
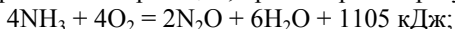
Промышленное получение азотной кислоты осуществляется по технологической схеме (рис. 16). Аммиак, поступающий из цеха синтеза, содержит катализаторную пыль и пары компрессорного масла, являющиеся каталитическими ядами на стадии окисления аммиака. Поэтому аммиак подвергается тщательной очистке фильтрованием через специальные фильтры и промывкой жидким аммиаком. Аналогично очищают от механических и химических примесей воздух, который поступает в цех через заборную трубу, устанавливаемую, как правило, вдали от территории предприятия. Для очистки воздуха используются орошаемые водой скрубберы и матерчатые двухступенчатые фильтры.

Далее очищенные аммиак и воздух смешиваются, поступают в контактный аппарат, где аммиак окисляется, и полученная смесь поступает в серию сорберов (поглотителей), последний из которых орошается раствором щелочей для того, чтобы оксиды азота полностью были поглощены.

Как отмечают в своих публикациях М. А. Карибьянц, А. И. Леонтьева, К. В. Брянкин, примером избирательности катализатора может служить реакция окисления NH_3 до NO на платиновом катализаторе:



реакция протекает полностью за десятитысячные доли секунды, т. е. практически мгновенно. Одновременно с указанной реакцией протекают две параллельные реакции, при которых образуются N_2O и N_2 :



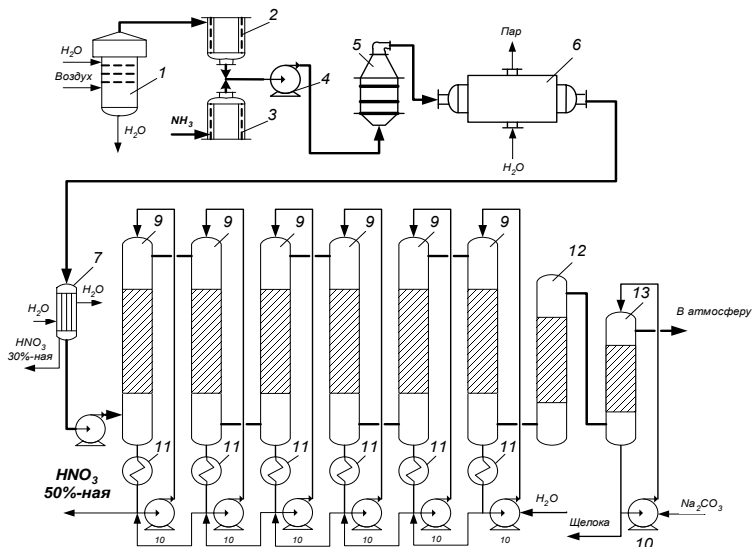


Рис. 16

Технологическая схема производства азотной кислоты
под атмосферным давлением:

1 — пенный промыватель; 2, 3 — картонные фильтры; 4 — аммиачно-воздушный вентилятор; 5 — контактный аппарат; 6 — котел-утилизатор; 7 — кожухотрубный холодильник; 8 — газодувка; 9 — абсорбционные башни; 10 — циркуляционные насосы; 11 — водяной холодильник; 12 — окислительная башня; 13 — санитарная башня.

Эти реакции термодинамически более выгодны, поскольку они сопровождаются выделением большого количества тепла, однако практически они не протекают, поскольку в присутствии платинового катализатора их скорость неизмеримо мала [56; 87].

Азотная кислота собирается в приемники из первых поглотителей. Полученная кислота является разбавленной (40–60%). Концентрированную азотную кислоту (96–98%) получают перегонкой смеси азотной и концентрированной серной кислот.

Существуют два способа производства азотной кислоты:

- получение разбавленной кислоты с последующим концентрированием ее в случае необходимости;
- непосредственное получение концентрированной кислоты.

Наиболее распространен первый способ, что связано с использованием в народном хозяйстве как концентрированной, так и раз-

бавленной кислоты. В производстве азотной кислоты повышение давления существенно интенсифицирует химические реакции на всех стадиях процесса, способствует эффективности теплообмена, позволяет использовать более совершенные массообменные устройства, уменьшает размеры аппаратуры и коммуникаций и в конечном итоге позволяет снизить капитальные расходы.

В то же время повышение давления оказывает и негативное влияние на экономические показатели работы агрегата. К ним относятся: ускорение побочных реакций на стадии окисления аммиака, снижение степени конверсии, потери катализатора вследствие его уноса потоком газа (0,3–0,4 г на 1 т азотной кислоты) и необходимость частой замены его, что связано с остановкой производства.

Технико-экономический анализ показывает, что применение единого (повышенного) давления на всех стадиях производства целесообразно лишь в том случае, когда мощность установки не превышает 600–800 т/сут. Установки большей мощности экономически выгодно создавать только с использованием разных давлений на стадии конверсии аммиака и стадии переработки нитрозных газов.

Производство азотной кислоты из аммиака экологически опасно, так как и азотная кислота, и сырье (аммиак и др.), и нитрозные газы негативно воздействуют (*как?*) на человека и природные экологические процессы, что требует разработки и применения мер (*каких?*) защиты окружающей среды. Обязательным является определение понимания принципов научного химического производства (*каких?*) азотной кислоты.

Задания для самостоятельной работы

1. Охарактеризуйте химизм производства азотной кислоты из аммиака; назовите вещество, которое можно применить для получения монооксида азота, для получения азотной кислоты.

2. Опираясь на рисунок 16, охарактеризуйте принципиальную технологическую схему производства азотной кислоты из аммиака методом И. И. Андреева.

3. На четырех примерах охарактеризуйте принципы научного химического производства азотной кислоты.

4. Веществами, являющимися сырьем для производства азотной кислоты по методу И. И. Андреева, являются: а) соли азотной кислоты; б) веселящий газ; в) атмосферный азот; г) аммиак.

5. Рассчитайте общее число атомов (общая сумма) в уравнении реакции окисления аммиака, лежащее в основе получения азотной кислоты методом И. И. Андреева.

6. Составьте уравнения реакций, при помощи которых из аммиака получают азотную кислоту.

7. Что такое скорость химической реакции? Как ее определяют?

8. Укажите факторы, влияющие на скорость химических реакций.

9. Объясните, какую систему называют равновесной.

10. Какие условия необходимы для смещения химического равновесия: а) экзотермической реакции; б) эндотермической реакции?

3.1.6. Производство серной кислоты

Сырье: природное: FeS_2 — пирит, сера, сульфаты, сульфиды металлов (медный колчедан CuFeS_2 , медный блеск CuS_2 , ZnS , PbS и т. д.), отходы других производств: H_2S — сероводород, SO_2 — сернистый газ.

Катализатор — оксид ванадия — V_2O_5 .

В настоящее время серную кислоту во всем мире получают контактным способом из пирита (рис. 17).

Этот процесс включает три стадии.

1 стадия. Обжиг пирита в «кипящем слое»:

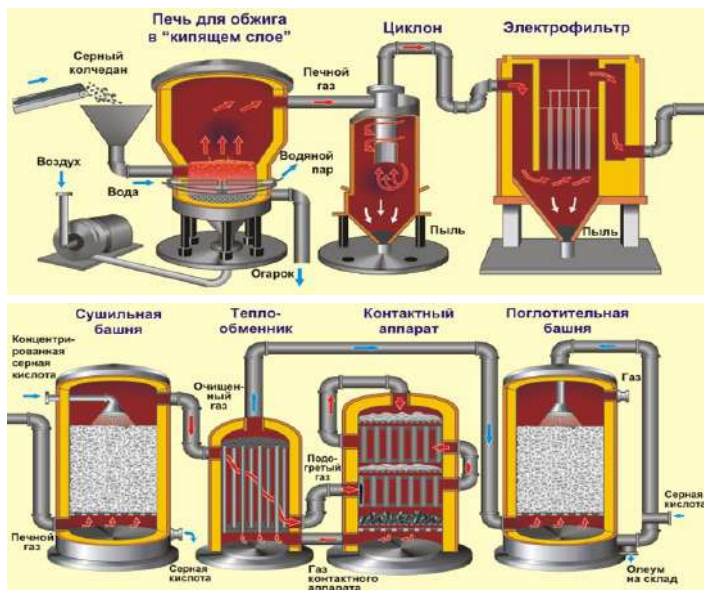


Рис. 17
Производство серной кислоты

Данная реакция экзотермическая, необратимая, некаталитическая, гетерогенная.

Желательно эту реакцию проводить при таких условиях, когда содержащаяся в пирите сера наиболее полно используется для получения SO_2 и реакция протекает быстро. Производительность печи растёт с увеличением скорости реакции обжига. Этого добиваются, изменяя оптимальные условия для данной реакции:

1) измельчение пирита перед обжигом до оптимальных размеров, увеличивая площадь его соприкосновения с кислородом воздуха. Частицы не должны быть крупными, иначе они будут обжигаться только на поверхности, а внутри останется непрореагировавший пирит — это приведет к потерям сырья;

2) обогащение воздуха кислородом — таким образом увеличивается концентрация одного из реагирующих веществ, что также способствует увеличению скорости реакции;

3) обжиг пирита в «кипящем слое» — для увеличения скорости обжига используют принцип противотока — сверху в печь подают измельченный пирит, а снизу — воздух, обогащенный кислородом. Воздух вдувается через множество трубок под определенным давлением, которое отрегулировано так, чтобы частицы пирита не распылялись и не слеживались. Частицы оказываются в подвешенном состоянии, создавая иллюзию кипящей жидкости;

4) оптимальной считается температура 800°C , избыток теплоты отводят (подумайте, почему).

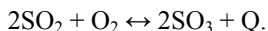
Для охлаждения в реакционный аппарат встраивают трубки, по которым пускают холодную воду. Нагреваясь, вода забирает лишнее тепло и превращается в водяной пар, который используется для производства электроэнергии или других целей.

Процесс обжига пирита непрерывный и механизированный. Пирит подается ленточным транспортером в бункер и из него в печь. Огарок, образующийся в процессе обжига, частично уносится печным газом, частично выводится через боковое отверстие в печи.

Таким образом, оптимальными условиями являются: $t^\circ = 800^\circ\text{C}$; измельчение пирита; обогащение воздуха кислородом; противоток пирита и воздуха; обжиг пирита в «кипящем слое»; теплообмен.

При обжиге пирита выделяется печной газ, содержащий примеси: огарок Fe_2O_3 , N_2 , O_2 , примеси Cu , Ag , Zn , соединения As , водяные пары. Поэтому очистку от крупной пыли проводят в циклон-аппаратах, от мелкой пыли — в электрофильтрах, от водяных паров — в осушителях (сернистый газ поступает в башню снизу, а сверху разбрызгивается концентрированная серная кислота).

II стадия. Окисление сернистого газа в контактном аппарате:

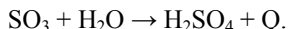


Реакция экзотермическая, обратимая, каталитическая, гетерогенная за счет катализатора, идет с уменьшением объема.

Перед началом реакции окисления сернистого газа его нагревают в теплообменнике ($t^\circ = 400\text{--}500^\circ\text{C}$).

Процесс проводят в контактном аппарате, представляющем собой цилиндр. В нем на специальных полках слоями размещен катализатор (V_2O_5). Между полками с катализатором размещаются трубки теплообменника. При этом одновременно решается проблема нагревания сернистого газа и охлаждения до необходимой температуры серного газа (принцип теплообмена).

III стадия. Поглощение серного газа:



Реакция экзотермическая, необратимая при t° меньше 300°C , некаталитическая.

Поглощение серного газа происходит в поглотительной башне, заполненной керамическими кольцами. Газ подается снизу, а сверху разбрызгивается 98%-ная серная кислота. Поглощать серный газ водой нельзя, так как над ней всегда находится пар, который образует с серным газом очень устойчивый серноокислый туман, который не поглощается водой. При растворении SO_3 в 98%-ной кислоте образуется безводная серная кислота — *олеум* (раствор триоксида серы в безводной серной кислоте).

Таким образом, в производстве серной кислоты выполняются общие научные принципы химического производства: непрерывность, противоток, катализ, увеличение площади соприкосновения реагирующих веществ, теплообмен, рациональное использование сырья.

На экологические проблемы обращает внимание М. А. Карибьянц: «Одной из глобальных задач современности является более полная реализация принципов утилизации производственных отходов, комплексного использования сырья и охраны окружающей среды» [85, с. 15]. Она отмечает, что треть всей серной кислоты вырабатывается из отходов (серосодержащих газов) черной и цветной металлургии, газовой и нефтяной промышленности, а также заостряет внимание на проблеме обезвреживания отходящих газов.

Производство серной кислоты создает немало экологических проблем — на I стадии это потери сырья при добыче, транспортировке, хранении, и переработке. Далее продукты промежуточных реакций SO_2 и SO_3 , при попадании в атмосферу вызывают образование

кислотных дождей, которые ведут к гибели растительности, возникновению респираторных заболеваний у животных и человека. Вызывают коррозию металлов, мрамора, закисление почв и водоемов.

Задания для самостоятельной работы

1. В чем состоит спекание диоксида серы, и какова ее необходимость?
2. Охарактеризуйте химизм получения серной кислоты в промышленности.
3. Поясните сущность научных принципов химического производства, применяемых в промышленном получении серной кислоты на четырех примерах.
4. В производстве серной кислоты триоксид серы поглощают:
а) водой; б) разбавленной серной кислотой; в) купоросным маслом; г) серной кислотой высокой концентрации, при которой не образуется туманообразная H_2SO_4 .
5. Почему перед поглощением оксида серы (VI) его температуру снижают?
6. Дополните фразу: «Раствор серного ангидрида в концентрированной серной кислоте называют _____».
7. В уравнении реакции третьей стадии производства серной кислоты общее число атомов составляет: а) 6; б) 8; в) 14; г) 11; д) 12.

3.1.7. Производство калийных удобрений — пример туковых производств

Туковыми называются производства, связанные с получением удобрений, т. е. таких веществ, которые содержат питательные для растений химические элементы (калий, азот, фосфор и др.).

Существуют разные классификации удобрений: по составу, необходимым для растения количествам и т. д. Так, различают макроудобрения, фосфорные, калийные и другие удобрения. Важнейшими калийными удобрениями (они относятся к макроудобрениям) являются сульфат и хлорид калия.

Калий положительно влияет на качество продукции: корнеплоды повышают содержание сахара, картофель — содержание крахмала, прядильные культуры — выход и качество волокна, кормовые растения — содержание протеина (особенно на фоне азотных аммиачных удобрений). Калийные удобрения усиливают стойкость растений к некоторым грибковым заболеваниям. Калий не входит в состав белков, нуклеиновых кислот, ферментов и других сложных органических соединений; он содержится в растениях почти целиком в виде

ионов K^+ , преимущественно в клеточном соке. Роль этих ионов сводится к регулированию важнейших биохимических процессов: они способствуют фотосинтезу, усиливая отток углеводов из листьев, что непосредственно сказывается на повышении в плодах и овощах содержания крахмала и сахара. Ионы калия влияют на азотный обмен в растениях, способствуя лучшему усвоению азота; активизируют синтез многих ферментов и витаминов. Коллоиды растительных клеток при недостаточном калийном питании лучше удерживают воду.

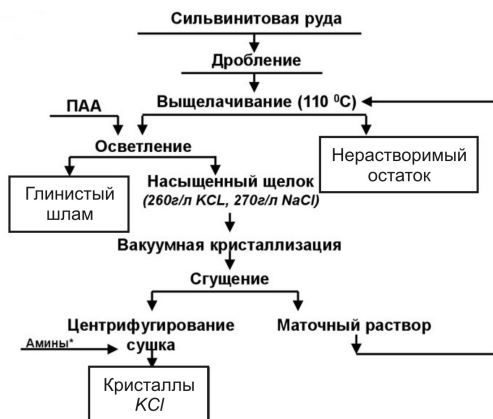
Основным калийным удобрением является хлористый калий. Содержание в нем K_2O составляет 63,2%. В России выпускаются три основных вида хлористого калия: гранулированный (гранулят), розовый и белый хлористый калий. Калий из мелкокристаллической формы активно поглощается почвой и становится недоступен растениям. Поэтому наиболее востребованы крупнокристаллический и гранулированный виды удобрения, которые также меньше слеживаются. Все три вида продукции являются калийными удобрениями, которые имеют различные технологии своего получения и в данном пособии не рассматриваются, так как интересны только для специалистов, а не для обучающихся различных неспециальных учебных заведений.

По способам производства хлорид калия подразделяется на получаемый флотационным методом, галургическим, комбинированным, подземным выщелачиванием солей; получают также в виде отхода на титано-магниевого комбинатах. Калийные удобрения получают преимущественно из сильвинита ($mKCl \cdot nNaCl$) и карналлита ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$). Сильвинит — механическая смесь (агломерат) сильвина и галита, содержащая 22–25% K_2O .

Мы рассмотрим получение хлорида калия из сильвинита (эквимолекулярной природной смеси хлоридов натрия и калия) галургическим методом переработки калийсодержащего сырья (галургия (соляное дело) представляет собой изучение состава и свойств природного солевого сырья и разработку способов промышленного получения из него минеральных солей). Это производство интересно тем, что оно основано не на химических процессах, а на использовании различной растворимости хлоридов калия и натрия при последовательных операциях нагревания и охлаждения системы (схема 2).

Галургический способ выделения хлорида калия из сильвинита, или метод избирательного растворения и раздельной кристаллизации, основан на различии температурных коэффициентов растворимости хлоридов калия и натрия при их совместном присутствии, т. е. в системе $KCl - NaCl - H_2O$. В растворах, насыщенных обеими солями, при повышении температуры от 20–25°C до 90–100°C содержание

хлорида калия возрастает примерно в два раза, а хлорида натрия — несколько уменьшается. При охлаждении такого горячего раствора он становится пресыщенным относительно хлорида калия, который будет кристаллизироваться, а хлорид натрия останется в растворе. При последующем нагревании этого раствора он останется насыщенным относительно хлорида натрия и становится ненасыщенным относительно хлорида калия. Поэтому при обработке подобным раствором нового количества сильвинита из него будет извлекаться только хлорид калия, переходя в раствор, а хлорид натрия растворяться не будет. Это свойство системы $KCl - NaCl - H_2O$ и используется в галургическом методе извлечения хлорида калия из сильвинитовых руд для организации циклического процесса.



*Для предотвращения слеживаемости продукта в пульпу хлористого калия вводят амины.

Схема 2

Производство хлористого калия галургическим способом

Технологический процесс галургического способа складывается из дробления сильвинита, его растворения горячим щелочом в растворителях со шнековыми мешалками и ковшовыми элеваторами, охлаждением (для кристаллизации KCl из осветленного насыщенного раствора) сгущения в отстойниках. После этого сгущенная суспензия поступает в мешалку и подается на центрифуги, а затем на сушильные барабаны или печи «кипящего слоя», где происходит сушка отфильтрованного хлорида калия (внешний вид процесса показан на рис. 18 и 19). Содержание хлористого калия в концентрате составляет 95–98%, в галитовых отходах 2,5–3,0%, извлечение 86,5–87,5%.



Рис. 18

Внешний вид устройства
по выщелачиванию хлорида калия
из сильвинита



Рис. 19

Внешний вид части цеха
получения сухого хлорида
калия из сильвинита

Галургический метод позволяет комплексно перерабатывать полиметаллические руды, извлекая из них все полезные компоненты, в том числе хлориды калия, магния, бромиды и пищевой хлорид натрия.

Основные стадии производства хлористого калия в замкнутом цикле:

- дробление сильвинитовой руды;
- выщелачивание хлорида калия из сильвинита;
- отделение горячего щёлока от отвала и его осветление от солевого и илистого шлама;
- кристаллизация хлорида калия при охлаждении раствора;
- отделение кристаллов хлорида калия от маточного раствора и их сушка;
- нагревание маточного раствора и возвращение его на растворение сильвинита.

Как и всякие предприятия, производства по получению калийных удобрений создают экологические проблемы (утилизация глинистых шламов, отходов производства и т. д.), грамотное решение которых позволит рентабельно организовать работу этих производств. Для повышения рентабельности подобных предприятий необходимо неукоснительно соблюдать принципы научного химического производства, соответствующие данному профилю.

Задания для самостоятельной работы

1. Поясните, в чем состоит особенность производства калийных удобрений, и с чем она связана.

2. Кратко охарактеризуйте галургическое разделение сильвинита.
3. Укажите, какие экологические проблемы (три) возникают у предприятий по получению калийных удобрений и предложите способы их решения.
4. Дополните фразу: «Производства, связанные с получением удобрений, т. е. веществ, содержащих питательные химические элементы для растений (азот, фосфор и др.), называются _____».
5. Распределите стадии галургического производства хлористого калия из сильвинита от начальной до конечной стадий: а) отделение хлорида калия от воды и сушка; б) дробление сильвинита; в) сгущение в отстойниках; г) охлаждение (для кристаллизации KCl из осветленного насыщенного раствора); д) растворение сильвинита горячим щелочом.

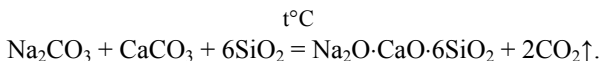
3.1.8. Силикатная промышленность. Производство простого стекла

Особенностью стеклообразного состояния вещества является способность пропускать излучение видимого спектра. Эта особенность широко востребована человеком, поэтому возникла отрасль, производящая стекло. Состав стекол разнообразен. Существует неорганическое и органическое стекло.

Рассмотрим химизм получения обыкновенного стекла ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$).

Состав обыкновенного стекла может быть разным, за счет чего будут различны и его свойства и разные варианты технологии его производства. Так, кварцевое стекло может состоять только из диоксида кремния, или кроме диоксида кремния в его состав входит диоксид свинца. Существует много вариаций на основе обыкновенного свинца.

Для получения обыкновенного стекла применяют кальцинированную соду, кварцевый песок (диоксид кремния) и карбонат кальция в виде известняка:



Смесь сплавляют, переводят в жидкое состояние при температуре несколько большей, чем 1500°C , и далее работают по технологической схеме.

На рисунке 20 приведена принципиальная технологическая схема производства оконного стекла.

Подготовленная смесь ингредиентов для получения оконного стекла при помощи определенного устройства поступает в плавиль-

ную печь, где превращается в жидкое расплавленное стекло, которое поступает на поверхность расплавленного олова и приобретает идеально ровную поверхность. После этого оно поступает в охлаждающее устройство и становится твердым. Твердое стекло моют, подвергают испытаниям на наличие необходимых свойств, подвергают резке и закалке, упаковывают и отправляют потребителям.

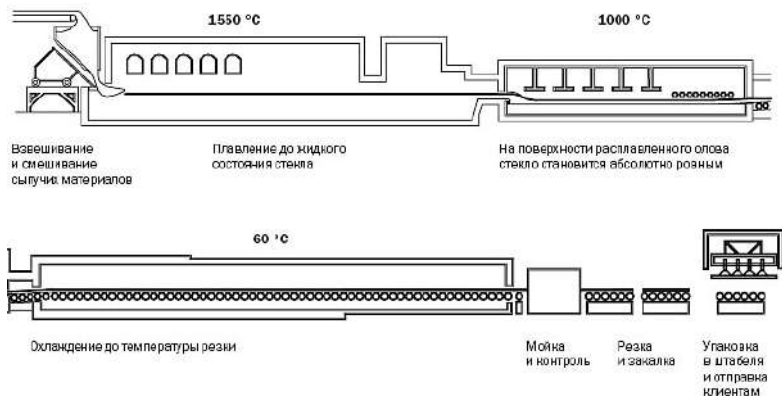


Рис. 20
Принципиальная технологическая схема
производства оконного стекла

Как всякое промышленное предприятие, производство стекла оказывает негативное воздействие на работников и внешнюю среду, что требует специфических природоохранных мероприятий.

Соблюдение принципов научного химического производства, охрана окружающей среды обеспечивают рентабельность и оптимальную работу предприятий по производству стекла.

Задания для самостоятельной работы

1. Поясните суть химизма образования обыкновенного стекла.
2. Назовите те принципы научного химического производства (не менее двух), которые не применимы к производству стекол.
3. Охарактеризуйте три природоохранных мероприятия, которые характерны для предприятий по производству стекла.
4. Назовите два частных принципа научного химического производства, не применяемых при получении обыкновенного стекла.
5. Рассчитайте число моль чистого кварцевого песка, необходимого для производства 1000 моль обыкновенного стекла.

3.1.9. Производство цемента

Цементами называются гидравлические вяжущие, представляющие собой тонкоизмельченные смеси различных силикатов, получаемых после обжига смесей известняка и глины, которые могут быть искусственными или природными.

Цементы являются «хлебом» промышленности стройматериалов, поэтому их производство изучается даже в средней школе, и знакомство с его основами необходимо каждому человеку.

Природные смеси известняка и глины в отношении 3:1 называют *мергелями*. Месторождения мергелей в России имеются под Новороссийском и в других местах.

Состав цемента можно представить в виде оксидов: 62–68% CaO; 18–26% SiO₂; 4–9% Al₂O₃ и 0,3–6% Fe₂O₃.

Эти оксиды в цементе содержатся в виде химических соединений, некоторые из которых рассмотрены ниже.

1. Алит или трехкальциевый силикат — $3 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$.
2. Белит или двукальциевый силикат — $2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$.
3. Трехкальциевый алюминат — $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$.

В состав цемента входят и другие вещества (четырекальциевый алюмоферрит и т. д.).

Цемент получают обжигом мергеля или искусственных смесей глины с известняком в особых печах цилиндрической формы (рис. 21). При обжиге получают клинкер (спекшуюся массу), который подвергают тонкому измельчению в особых мельницах, получая различные марки цемента.

Существуют цементы различных марок: 300, 400, 500, 900. Эти числа показывают, какую нагрузку (кг/см²) может выдержать цементный камень, полученный после завершения процессов твердения цемента.

Природных источников мергелей мало, таким образом, цемент необходимо экономно расходовать. В цемент вводят различные добавки, улучшающие технологические свойства бетона и экономящие цемент. Так, для изготовления цементов используют шлаки доменного и другого производства, тем самым не только экономят сырье, но и утилизируются отходы производства.

Цементные производства экологически достаточно вредные, так как при их реализации происходит выделение большого количества углекислого газа и пылеватых частиц в атмосферу, поэтому перед учеными стоит важная задача создания экологи-

чески безвредных технологических процессов производства цемента.



Рис. 21

Внешний вид печи по производству цемента

Задания для самостоятельной работы

1. Поясните, каков минеральный состав цемента.
2. Раскройте суть химических процессов образования цементов из мергелей.
3. На трех примерах охарактеризуйте влияние производства цемента на природные экологические процессы.
4. Дополните фразу: «Соединение, в котором три условные молекулы оксида кальция химически связаны с одной условной молекулой диоксида кремния, называется _____».
5. Дополните фразу: «При затворении белита реализуется процесс _____».
6. Производство цемента характеризуется: а) циркуляцией; б) загрязняет среду пылью, вызывающей силикоз; в) осуществляется в наклонных печах обжигом сырья с получением клинкера; г) в этом производстве применяют скрубберы в одной из основных стадий получения готовой продукции; д) результатом его является получение гидравлического вяжущего.

3.2. Промышленное получение и применение некоторых органических соединений

3.2.1. Нефтепереработка как пример производства органических веществ

Нефть является раствором природных твердых и газообразных углеводородов и некоторых их природных производных в жидких природных производных. Нефть — это жидкий природный минерал, исчерпаемый природный ресурс, о котором Д. И. Менделеев говорил, что использовать нефть как топливо — это то же, что топить ассигнациями.

Нефть является смесью различных органических и неорганических веществ, в своем большинстве нужных человечеству, поэтому переработка нефтей является глобальной проблемой. Из курса химии вам известно, какой ассортимент веществ можно получить из нефти, поэтому любому грамотному индивиду, а не только узкому специалисту, нужно иметь представления о производствах, связанных с нефтепереработкой.

Различают первичную, вторичную и третичную переработку нефти.

Первичная переработка нефти состоит в ее перегонке и отборе получающихся фракций.

Перегонка как процесс подразделяется на простую и ректификационную.

Простой называют перегонку, при которой происходят однократная конденсация и испарение перегоняемой смеси. При простой перегонке получают дистиллированную воду. Для выделения компонентов из нефти такая перегонка неприменима, так как она не позволяет получить из нефти все многообразие содержащихся в ней веществ, поэтому ее подвергают ректификационной перегонке.

Перегонка, при которой происходят многократная конденсация и испарение перегоняемой смеси, называется ректификационной.

Ректификационная перегонка осуществляется в специальных установках (рис. 22, 23). Данная установка включает в свой состав насосную станцию, содержащую насосы, которые подают подготовленную нефть в трубчатую печь, где идущая на ректификацию нефть нагревается факелом горящего топлива (оно может быть распыленной жидкостью или газом).

Нагретая в змеевике до 320–390°C смесь горячей жидкости и пара, состоящая из парообразной смеси с неиспарившимися труднолетучими компонентами, содержащей твердые вещества в растворенном состоянии, поступает в нижнюю часть ректификационной башни (колонны)

(рис. 22). Высота колонны может быть более 60 м. На том же ярусе в колонну вводят разогретый водяной пар, дополнительно разогревающий поступающую на ректификацию нефть. Пары поступают в ректификационные тарелки, проходя через них снизу вверх. При этом температура снижается, легкокипящие компоненты достигают верха колонны, через который парообразный бензин поступает в холодильник-сборник, конденсируется. Часть сжиженного бензина поступает в резервуар-сборник, другая его часть возвращается в ректификационную колонну в качестве флегмы на ректификационных тарелках.

Ректификационная перегонка реализуется в ректификационных башнях, состоящих из бочек, каждая из которых образована ректификационными тарелками, которых в бочке может быть от 30 до 60. Схема строения ректификационной тарелки показана на рисунке 24.

Ректификационная тарелка представляет собой металлическое основание и прикрепленными к нему цилиндрами («стаканами») определенной высоты, определяющими уровень жидкой флегмы. «Стакан» не имеет дна, что позволяет ректификационным тарелкам сообщаться друг с другом. Цилиндры закрыты колпаками, основания которых имеют зазор, позволяющий парам беспрепятственно попадать в флегму и барбатировать («пробулькивать») через нее. В результате контактирования паров и флегмы реализуются процессы:

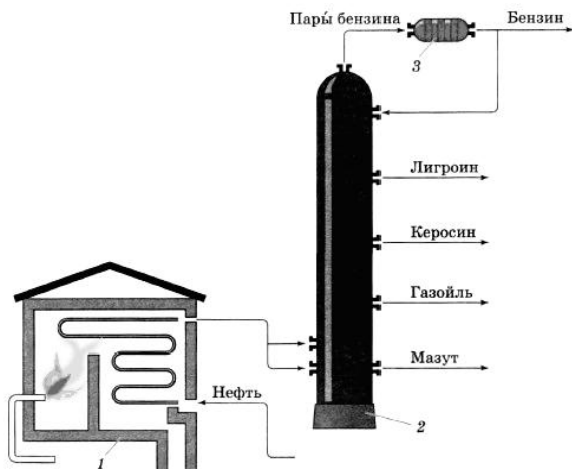


Рис. 22

Схема промышленной установки непрерывной ректификационной перегонки нефти:

1 — печь; 2 — ректификационная колонна; 3 — холодильник (конденсатор).



Рис. 23
Внешний вид
ректификационной башни

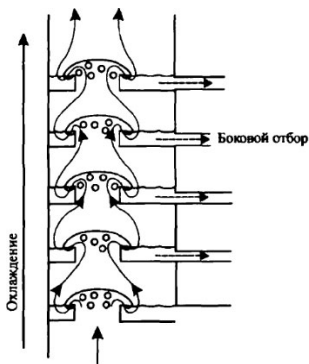


Рис. 24
Схема колпачковых
ректификационных тарелок

1. Горячие пары, контактируя с более холодной, чем сами, флегмой, конденсируют из себя менее летучие компоненты, при этом сами охлаждаются.

2. В это же время жидкая флегма нагревается, и из нее в пары переходят более летучие компоненты, т. е. в ректификационной колонне одновременно происходят акты конденсации и испарения разделяемой смеси.

Следует отметить, что разница температур в результате барботаж достигает 6°C .

Описанные процессы протекают на каждой! тарелке, т. е. кратность совместной конденсации и испарения равна числу тарелок в ректификационной колонне.

Выше охарактеризован механизм ректификационной перегонки. В ректификационных колоннах на определенных уровнях имеются выходы для фракций. Как показано на рисунке 22, за счет разгонки получают бензин, лигроин, керосин, газойль.

В нижней части колонны имеется выход для самой высококипящей фракции — мазута, который разделить в условиях ректификационной разгонки (атмосферное давление) невозможно. Переработка мазута относится к вторичной переработке.

Выше охарактеризован процесс ректификации «первичной» нефтепереработки. Однако в нефтеперерабатывающей промышлен-

ности ректификацию применяют и для разделения полученных нефтепродуктов, используя ее разновидности.

Ректификацию подразделяют на азеотропную и экстрактивную.

Экстрактивная ректификация основана на экстракции (извлечении) — процессе извлечения вещества из одной (как правило жидкой) фазы в другую (также жидкой; в нефтехимии), соприкасающихся друг с другом (примером экстракции является переход молекулярного брома из бромной воды в бензол, когда они соприкасаются друг с другом).

Азеотропная ректификация состоит в проведении ректификации с разделяющими агентами, образующими с одним или несколькими компонентами исходной системы азеотропные смеси, отбираемыми при ректификации в виде дистиллята (азеотропными называют постоянно кипящие смеси, которые нельзя разделить перегонкой). Такие разделяющие агенты должны быть летучими веществами. Азеотропную ректификацию, как правило, проводят так, чтобы вводимый в колонну разделяющий агент практически полностью выво­дился с дистиллятом.

Примером азеотропной ректификации является использование этилового спирта для разделения смеси парафинов и ароматических углеводородов, которые обладают почти одинаковой летучестью.

Методы азеотропной и экстрактивной ректификации находят широкое применение для разделения близко-кипящих углеводородов нефти и сжиженных природных газов, жидких смесей в производстве жирных кислот и др. Вторичной называют переработку нефти, сырьем для которой являются продукты ее первичной переработки.

Необходимость вторичной переработки нефти диктуется тем, что продукты первичной переработки (углеводородный газ: пропан, бутан; бензиновая фракция с температурой кипения до 200°C; керосин с $T_{\text{кипения}} = 220\text{--}275^\circ\text{C}$; газойль или дизельное топливо с $T_{\text{кипения}} = 200\text{--}400^\circ\text{C}$; смазочные масла с $T_{\text{кипения}} \gg 300^\circ\text{C}$; кубовый остаток — мазут) получают в недостаточном количестве и не всегда удовлетворяют требованиям потребителя (бензин); кроме того, они являются сырьем для нефтехимического синтеза, в результате которого можно получить большое число разнообразных продуктов.

Вторичная переработка нефти представляет собой термическое и каталитическое воздействие на нефтепродукты, полученные методом прямой перегонки. Воздействие на сырье (первичные нефтепродукты), т. е. на вещества, в них содержащиеся (углеводороды и др.), приводит к изменению их потребительских качеств. Вторичной переработке подвергают любые фракции ректификационной перегонки.

Каталитический крекинг, общая характеристика. Производство высококачественных современных топлив возможно при использовании каталитического крекинга — крекинг-процесса, протекающего под действием относительно высокой температуры в присутствии катализаторов.

Каталитический крекинг основан на контакте сырья с активным катализатором при температуре 420–550°C, которое превращается в бензин и другие легкие нефтепродукты.

В результате крекинга на катализаторе образуются углеродные отложения, значительно снижающие его активность, т. е. его крекирующую способность. Для восстановления активности катализатор регенерируют. Наибольшее распространение получили установки с циркулирующим катализатором в движущемся потоке и псевдоожиженном (или кипящем) слое. Принципиальная схема установки каталитического крекинга в кипящем слое показана на рисунке 25.

Задание: изучите схему, изображенную на рисунке 25, и охарактеризуйте сущность процессов, протекающих при каталитическом крекинге в «кипящем» слое; что обеспечивает «кипящий» слой катализатора?



Рис. 25

Схема установки каталитического крекинга в «кипящем» слое

При каталитическом крекинге большая часть тяжелых нефтяных фракций при 500°C превращается в компоненты, выкипающие в пределах температур кипения бензина, и в газообразные продукты, которые используют в производстве бензинов, имеющих большое октановое число или как сырье для химических синтезов.

Каталитически крекингом получают много ценных продуктов (пропан, изобутан, арены, олефины с разветвленной цепью, изопарафины и др.) при меньшем выходе метана, этана и диенов. Антидетонационные свойства бензинов каталитического крекинга значительно выше, чем бензинов термического крекинга.

Продукты каталитического крекинга имеют сложный состав. Так, при каталитическом крекинге цетана $C_{16}H_{34}$ получается (масс., %): а) водород, метан, этан и этилен — 5; б) пропан и пропилен — 23; в) бутан, изобутан и бутилены — 33; г) высшие углеводороды, входящие в состав бензина, — 36; д) кокс — 3.

Состав продуктов крекинга керосиновых, соляровых и вакуумных дистиллятов (смесей большого числа разных углеводородов) еще более сложен. Состав продуктов каталитического крекинга углеводородных смесей сильно зависит от применяемого катализатора.

Каталитический крекинг применяют в производстве высокооктановых автомобильных и авиационных бензинов. Сырьем в производстве автомобильных бензинов являются вакуумные дистилляты первичной переработки нефти, а в производстве авиабензина — керосино-соляровые фракции названной перегонки.

Катализаторы, применяемые для крекинг-процесса. Каталитический крекинг относят к гетерогенным твердофазным процессам (твердая фаза — катализатор). Направления реакций зависит от свойств катализатора, сырья и условий проведения крекинга. В процессе крекинга на поверхности катализатора отлагается кокс, поэтому возникает необходимость постоянной регенерации катализатора (выжигание кокса).

Катализаторами крекинга, как правило, являются алюмосиликаты. Это природные или искусственно полученные твердые высокопористые вещества с сильно развитой поверхностью.

На практике применяют алюмосиликатные активированные природные глины и синтетические алюмосиликатные катализаторы в виде порошков, микросферических частиц диаметром 0,04–0,06 мм или таблеток и шариков размером 3–6 мм. В своей массе катализатор является сыпучим материалом, который легко транспортируется потоком воздуха или углеводородных паров. Широкое применение находят алюмосиликатные катализаторы.

В зависимости от особенностей перерабатываемого сырья, системы, типа установки, от состава и свойств катализатора устанавливается определенный технологический режим. Основными показателями режима установок каталитического крекинга являются температура, давление, соотношение количеств сырья и катализатора, находящихся в зоне крекинга, и кратность циркуляции катализатора.

Каталитический крекинг проводят в следующих условиях:

- а) температура крекинга — 450–525°C;
- б) температура регенерации катализатора — 540–680°C;
- в) давление в реакторе — 0,6–1,4 атм;
- г) давление в регенераторе — 0,3–2,1 атм.

Рассмотрим важнейшие особенности каталитического крекинга.

1. Влияние температуры. Повышение температуры способствует увеличению октанового числа бензина, возрастанию выхода газов C1–C3 и олефинов C4 и более, снижению выхода бензина и кокса, но повышению соотношения «бензин:кокс» и снижению соотношения выходов легкого и тяжелого газойля.

2. Влияние давления. Повышение давления увеличивает выход парафиновых углеводородов и бензина, снижает выход газов C1–C3, олефинов и ароматических углеводородов. На выход кокса давление практически не влияет.

3. Глубина крекинга (глубина превращения) оценивается количеством сырья, превращенного в бензин, газ или кокс. В однократном крекинге (реализуется в одну ступень) глубина превращения составляет 45–60%.

Если необходимо достичь более глубокого превращения (получить из сырья больше бензина), то крекингу подвергают не только исходное сырье, но и образующиеся в процессе газойлевые фракции. В большинстве случаев каталитическому крекингу подвергают смесь исходного сырья с газойлем каталитического крекинга, иногда раздельно свежее сырье и газойлевые фракции. В этом случае газойль возвращается в систему для использования его в качестве вторичного сырья (процесс рециркуляции). В зависимости от того, сколько газойля подвергается каталитическому крекингу, его глубина может достигать 80–90%.

Общая характеристика химических основ каталитического крекинга. В каталитическом крекинге протекают реакции расщепления, алкилирования, изомеризации, ароматизации, полимеризации, гидрогенизации и деалкилирования.

При крекинге парафиновых углеводородов нормального строения преобладают реакции разложения. Его продуктами являются парафины

меньшей молекулярной массы и олефины. Выход олефинов увеличивается с повышением молекулярной массы сырья. Термическая стабильность парафиновых углеводородов понижается с ростом молекулярной массы. Тяжелые фракции нефтепродуктов менее стабильны и крекируются легче, чем легкие фракции. Молекулы чаще всего разрываются в средней ее части.

Сырье для каталитического крекинга (дополнительный материал)

Основным сырьем промышленных установок каталитического крекинга являются атмосферные и вакуумные дистилляты первичной перегонки нефти. Различают несколько групп сырья исходя из их фракционного состава.

1. Первая группа: легкое сырье. К ней относят дистилляты первичной перегонки нефти (керосино-соляровые и вакуумные). Средняя температура их кипения составляет 260–280°C; относительная плотность 0,830–0,870, средняя молекулярная масса 190–220. Легкие керосино-соляровые дистилляты прямой гонки являются сырьем для производства базовых авиационных бензинов: они дают большие выходы бензинов при малом коксообразовании.

2. Вторая группа: тяжелое дистиллятное сырье. Сюда относят тяжелые соляровые дистилляты, выкипающие при температурах от 300 до 550°C или в несколько более узких пределах, а также сырье вторичного происхождения, получаемое на установках термического крекинга и коксования (флегма термического крекинга и газойль коксования). Их средние молекулярные массы примерно в 1,5 раза больше, чем у легких видов сырья (280–330 вместо 190–220). В отличие от легкого тяжелое дистиллятное сырье перед поступлением в реактор или в узел смешения с горячим катализатором в парообразное состояние переводят не целиком. Тяжелые соляровые дистилляты с относительной плотностью 0,880–0,920 используют в производстве автомобильных бензинов.

3. Третья группа: сырье широкого фракционного состава. Его можно рассматривать как смесь дистиллятов первой и второй групп, так как оно содержит керосиновые и высококипящие соляровые фракции и некоторые продукты, получающиеся в производстве масел и парафинов (экстракты, гачи, петролатумы, легкоплавкие парафины и др.). Предел выкипания дистиллятов этой группы 210–550°C.

4. Четвертая группа: промежуточное дистиллятное сырье. Оно представляет собой смесь тяжелых керосиновых фракций с легкими и средними соляровыми фракциями; имеет предел выкипания от 250 до 470°C. К этой группе относят смеси, перегоняющиеся в более узких

пределах (300–430°C). Промежуточное сырье используют для получения автомобильных и авиационных базовых бензинов.

Керосиновые и соляровые дистилляты, вакуумные дистилляты прямой перегонки нефти — хорошее сырье для каталитического крекинга. Это относится и к легкоплавким парафинам (отходам от депарафинизации масел). Менее ценным является сырье — экстракты, получающиеся при очистке масляных дистиллятов избирательными растворителями: они содержат много труднокрекируемых ароматических углеводородов.

Для предотвращения сильного коксообразования экстракты крекируют в смеси с прямогонными соляровыми дистиллятами.

Иногда как сырье для каталитического крекинга используют нефти и остаточные нефтепродукты (без предварительной очистки).

В каталитическом крекинге дистиллятов прямой гонки образуется больше бензина и меньше кокса, чем при крекинге подобных (по фракционному составу) дистиллятов с установок термического крекинга и коксования. Каталитический крекинг тяжелых вакуумных дистиллятов, мазутов и других смолистых остатков образуется много кокса. Кроме того, содержащиеся в данном сырье сернистые, азотистые и металлоорганические вещества отравляют катализатор. Поэтому высокосмолистые мазуты и тем более гудроны каталитическому крекингу не подвергают.

Ранее дана краткая характеристика вариантов переработки продуктов, получаемых из нефти. Показано, что самой сложной и глубокой переработкой является нефтехимическая переработка, позволяющая получить большое разнообразие нефтепродуктов.

Нефтехимическая переработка сырья позволяет получить топлива, масла, азотные удобрения, синтетические каучуки, пластмассы, синтетические волокна, моющие средства, жирные кислоты, фенол, ацетон, спирт, эфиры и другие продукты. Она относится к третичной переработке нефти.

Третичная переработка нефти представляет собой совокупность технологических процессов преобразования нефтепродуктов, полученных при вторичной переработке.

К процессам, которые можно отнести к третичной переработке нефти, относят окисление углеводородов, получение синтез-газа, синтеза на основе оксида углерода и водорода, получение синтетических жидких топлив на основе процесса Фишера — Тропша. К третичной переработке относят и выделение из нефти бутана, его превращение в бутadiен-1,3 и получение из него каучука; получение из

ароматизированного бензина бензола или толуола и последующее их использование для получения других веществ.

Задания для самостоятельной работы

1. Поясните, в чем состоит суть первичной переработки нефти и охарактеризуйте особенности процессов, лежащих в ее основе.

2. Чем ректификационная перегонка отличается от простой? Докажите необходимость осуществления ректификационной перегонки.

3. Охарактеризуйте сущность ректификации на примере процессов, происходящих в ректификационной колонне.

4. Поясните, в чем состоит сущность вторичной переработки нефти и объясните ее необходимость.

5. Поясните, в чем состоит сущность третичной переработки нефти и объясните ее необходимость.

6. Укажите, чем термический крекинг отличается от каталитического, и продукт какого крекинга обладает лучшими потребительскими свойствами и почему.

7. Назовите основные нефтепродукты, получающиеся в ректификационной колонне.

8. В нефтепереработке применяют оборудование: а) установки для измельчения твердого сырья; б) ректификационные колонны; в) установки для вытягивания проката;

г) трубчатые печи; насосы для перемещения жидкостей.

9. К продуктам первичной переработки нефти относятся: а) асфальтены; б) бензиновая фракция ректификационной колонны; в) бензин — продукт крекинга; г) керосин; д) газойль.

10. К нефтепереработке относят: а) получение разных марок бензина; б) получение чугуна; в) ректификационную перегонку; г) крекинг-процесс; д) получение мазута; е) получение конденсата при коксовании угля.

11. Дополните фразу: «Разложение нефтепродуктов под совместном воздействием температуры и катализатора называется _____».

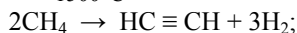
3.2.2. Способы получения ацетилен

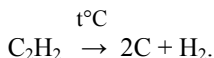
Сырье: природный газ.

Начиная с 1970 г. более 50% ацетилен получают из природного газа (рис. 26) [105, с. 51].

Пиролиз метана

1500°C





При температуре 1500°C ацетилен является промежуточным продуктом разложения метана до углерода и водорода, поэтому основной технологический прием процесса заключается в быстром выводе ацетилена из сферы реакции и его охлаждении [105, с. 51].

Термоокислительный пиролиз метана: исходное сырье — смесь природного газа и кислорода в отношении 5:3. Процесс осуществляется при быстром, в течение 0,01 с, разогревании смеси и резком охлаждении. Состав продукта: 9% C_2H_2 , 55% H_2 и 24% CO ; водород и монооксид углерода далее утилизируются [135, с. 466].

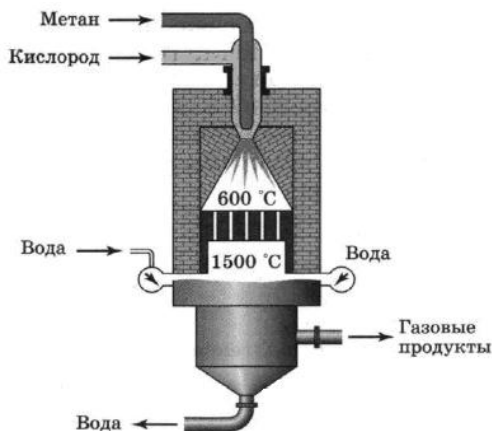


Рис. 26

Получение ацетилена окислительным пиролизом метана

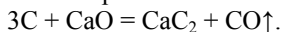
Особенность данного метода в том, что в реактор вводится расчетное количество кислорода, связывающего выделяющийся водород с образованием водяного пара:



Карбидный метод получения ацетилена используется в промышленности, в газосварке и резке металлов и сплавов:



В школьной химической лаборатории обычно вместо воды используют слабый раствор серной кислоты. Технический карбид кальция получают спеканием в электрической печи негашеной извести и угля:



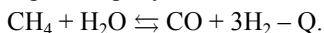
Задания для самостоятельной работы

1. Назовите природные источники углеводов.
2. Какие химические продукты получают из метана?
3. Назовите основной недостаток получения карбида кальция в электродуговых печах.
4. Как получают ацетилен в лаборатории и в промышленности?

3.2.3. Промышленный синтез метанола

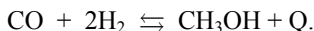
Метанол применяется в производстве ряда органических веществ (формальдегида, сложных эфиров, аминов, уксусной кислоты, лекарств), используется как растворитель лаков и красок, служит добавкой к топливам [19, с. 64–73; 28; 53; 135; 142, с. 123–125; 155, с. 164–168]. В настоящее время метанол получают экономически выгодным способом из синтез-газа (рис. 27).

1. Синтез-газ получают взаимодействием метана (природного газа) с водяным паром в присутствии катализатора:



синтез-газ

2. Из синтез-газа получают метанол:



1 моль 2 моль 1 моль

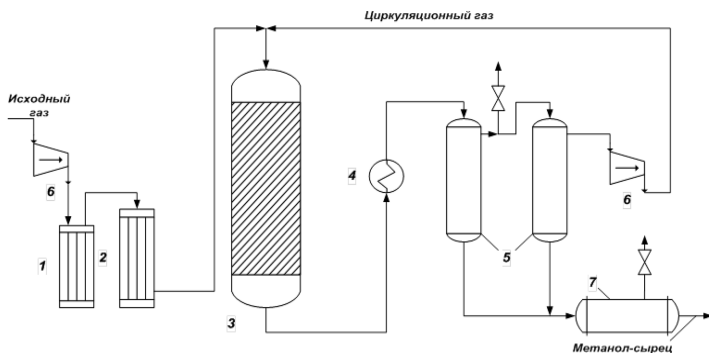


Рис. 27

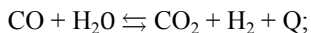
Схема синтеза метанола:

1 — масляный фильтр; 2 — угольный фильтр; 3 — колонна синтеза; 4 — холодильник-конденсатор; 5 — сепараторы; 6 — компрессоры; 7 — сборник.

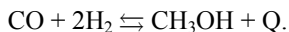
Основным аппаратом производства метилового спирта из окиси углерода и водорода является колонна синтеза. Колонны обычно изготавливают из высоколегированной стали, хорошо сопротивляю-

щейся коррозионному действию H_2 и CO , или из низколегированных конструкционных сталей с футеровкой стенок медью или ее сплавами. Производительность колонны синтеза метанола в большой степени зависит от конструкции насадки. В промышленности применяются колонны с насадками разнообразных конструкций [53].

А. В. Великородов обращает внимание на трудности в установлении истинных механизмов химических реакций в синтезе метанола [19, с. 65–66]. Здесь возможно образование промежуточных поверхностных соединений монооксида углерода: гидрирование хемосорбированного на катализаторе CO ; внедрение монооксида углерода в связь металл-водород с образованием поверхностного формильного производного, дальнейшее гидрирование приводит к образованию гидроксиметиленового производного; образование диоксида углерода и его участие в синтезе метанола:



Суммарная реакция образования метанола:



Эта реакция обратимая, экзотермическая, чтобы сместить равновесие в сторону образования метанола, воспользуемся принципом Ле Шателье.

1. Реакция сопровождается уменьшением объема, поэтому *повышение давления* будет способствовать образованию метанола.

2. Реакция экзотермическая, следовательно, особенно сильно нагревать вещества нельзя.

Из-за обратимости процесса исходные вещества реагируют не полностью. Поэтому образовавшийся спирт необходимо отделять, а непрореагировавшие газы снова направлять в реактор, т. е. осуществлять *циркуляцию газов*.

Оптимальные условия: температура 250–300°C, давление 10 МПа, применение катализаторов (оксидов цинка, хрома, меди) [142, с. 124].

Задания для самостоятельной работы

1. Какие реакции позволяют получить из метана водород и монооксид углерода?

2. Дайте характеристику реакции: $CH_4 + H_2O \rightleftharpoons CO + 3H_2 - Q$. Какими методами можно повысить равновесную степень превращения метана?

3. Дайте характеристику реакции: $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH} + \text{Q}$. Какими методами можно повысить равновесную степень превращения метана?

4. Дайте характеристику реакции: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{Q}$. Какими методами можно повысить равновесную степень превращения метана?

5. Дайте характеристику реакции: $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} + \text{Q}$. Какими методами можно повысить равновесную степень превращения метана?

6. Назовите оптимальные условия промышленного синтеза метанола, дайте обоснованный ответ.

7. Почему в производстве метанола большое значение уделяют герметичности оборудования?

8. Почему повышение давления смещает равновесие реакции в сторону образования метанола?

9. Какие общие научные принципы химического производства реализуются при получении метанола в промышленности?

3.2.4. Промышленный синтез этанола

Этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) — это вещество, определяющее степень развития цивилизации. Он широко применяется в деятельности человека и играет как позитивную, так и негативную роль. Являясь психоактивным веществом, используется человеком с глубокой древности. Это химическое соединение интенсифицирует его психическую деятельность и в этом смысле играет негативную роль, так как неумеренное употребление спиртосодержащих продуктов отрицательно воздействует на организм человека как депрессант центральной нервной системы.

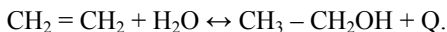
Но этанол имеет свойства, позитивно воздействующие на деятельность человека. Так, он горит, выделяя большое количество теплоты, поэтому применяется как топливо. Он хороший растворитель. Отрицательно воздействует на микроорганизмы, поэтому его используют в медицине.

Этиловый (винный) спирт обладает большим многообразием химических свойств, поэтому является сырьем для большого числа веществ, имеющих ценные свойства. Поэтому потребность в нем у человека велика, и его нужно производить в больших количествах.

Существует два основных источника этанола: его синтез и спиртовое брожение углеводов.

Пример синтетического получения этанола в производственных условиях представлен на рисунке 28.

Процесс основан на реакции взаимодействия этена с водой при повышенном давлении, температуре около 300°C и катализаторах (среди них наиболее эффективна фосфорная кислота на носителе с большой поверхностью, например на алюмосиликатном катализаторе крекинга). Катализатор размещен на решетке:



Процесс проводят под давлением 6–7 МПа в газовой фазе, пропуская этилен и пары воды над катализатором. Катализатором выступают фосфорная либо серная кислоты, нанесенные на силикагель.

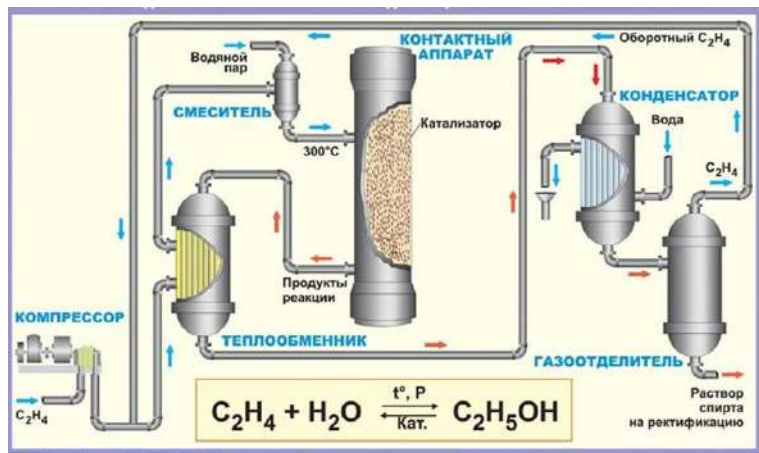


Рис. 28

Принципиальная схема получения этанола синтезом из этена

Физико-химическая характеристика прямой гидратации этена описана Д. А. Эпштейном [155, с. 169–171], И. Н. Чертковым [145, с. 206–208], Е. И. Тупикиным [119; 120]. Они отмечают, что реакции гидратации непредельных углеводородов являются обратимыми, сложными, экзотермическими (небольшой тепловой эффект, $\Delta\text{H}^\circ = -46$ кДж/моль), каталитическими. Сильное повышение температуры ведет к разложению спирта, температура ниже оптимальной приводит к снижению выхода продукта реакции. Оптимальное время контакта — около 20 с. В пособии [155, с. 169–170] приводятся данные по зависимости степени превращения этилена (в %) от давления и температуры, а также от соотношения $\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_4$. Можно отметить, что за один проход через колонну синтеза превращается в спирт лишь небольшой процент этилена (от 4,5% до 10–11%). Поэтому используют циркуляционный процесс: выделяют

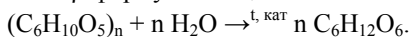
спирт из смеси, а этилен снова возвращается в реактор. Реактор — это полый цилиндр, высота его 10 м, диаметр 1,5 м. Стальной корпус футеруется листами меди, не подвергающейся коррозии в данных условиях. При благоприятных условиях 95% этилена превращается в этанол, остальные 5% — в побочные продукты: диэтиловый эфир, ацетальдегид, смолы (продукты более глубокой полимеризации этилена) [155, с. 170]. Активность катализатора уменьшается, так как смолы забивают его поры, и приходится дополнительно пропитывать носитель фосфорной кислотой.

И. Н. Чертков рекомендует провести сравнение синтезов метанола и этанола [145, с. 207]. Он обращает внимание на то, что в производстве синтетических метанола и этанола много общего:

- 1) реакции протекают с газообразными веществами;
- 2) реакции образования спиртов обратимые и экзотермические;
- 3) реакции протекают с уменьшением объема смеси, что вызывает необходимость применять давление;
- 4) сходные оптимальные условия производства спиртов (катализатор, давление, оптимальная температура) и одни и те же технологические принципы (принцип циркуляции, принцип теплообмена и др.).

Другой группой методов производства этанола является спиртовое брожение углеводов. Оно не всегда экономически эффективнее синтетических методов, но из-за обилия сырья и разных целей и свойств получаемых продуктов находит широкое применение.

В промышленности сначала получают сырье для брожения, которым являются разные формы глюкозы (α - или β -формы). Для этого полисахарид (им является или крахмал, или клетчатка) подвергается гидролизу, получая при этом разные формы глюкозы: из крахмала — α -, а из целлюлозы — β -форму по общей схеме:



Глюкоза подвергается спиртовому брожению. Спирт (этанол), полученный из β -глюкозы (производят из клетчатки), называют *гидролизным* и применяют только для *технических* целей. Для изготовления пищевых продуктов используют только спирт, произведенный из α -глюкозы.

Общая схема спиртового брожения:



Полученная смесь преимущественно состоит из воды, этанола, сивушных масел и некоторых других химических соединений. Возникает необходимость выделения этанола из получившейся смеси.

Эта проблема решается способом ректификации (ее принципы были рассмотрены на с. 67–70). Пищевой и медицинский этиловый спирт получают ферментативным гидролизом сахаров, содержащихся в винограде, ягодах, злаках, картофеле с последующим сбраживанием образующейся глюкозы. Брожение сахаристых веществ вызывается дрожжевыми грибами, относящимися к группе ферментов. Для процесса наиболее благоприятна температура 25–30°C. На промпредприятиях применяют этанол, полученный сбраживанием образующихся при гидролизе древесины и отходов целлюлозно-бумажного производства углеводов.

Таким образом, производство этанола представляет интерес как в смысле технологическом, так и в техническом и пищевом.

Задания для самостоятельной работы

1. Изучите рисунок 28 и охарактеризуйте технологическую схему производства этанола.
2. Какова роль этанола в жизни человека?
3. Назовите и охарактеризуйте две группы методов производства этанола.
4. Дайте характеристику реакции получения синтетического этанола. В какую сторону смещается равновесие при повышении давления и температуры? Можно ли повысить степень превращения этилена в этиловый спирт, изменяя соотношение реагирующих веществ?
5. Исходя из химических свойств этилена и этанола, обдумайте, какие побочные реакции могут сопровождать синтез этанола.
6. Как повысить скорость реакции синтеза этанола из этилена?
7. Технологическая схема получения этанола сходна с технологией производства метанола. Почему?
8. Почему скорость реакции синтеза этанола уменьшается с повышением температуры более 300°C?
9. Какими двумя способами можно получить этиловый спирт, исходя из этана?
10. Почему в производстве этанола изучают общую схему гидролиза полисахаридов?
11. Как из полисахаридов получить этанол?
12. Почему в производстве этанола применяется ректификация?
13. Дополните фразу: «Получение из глюкозы этанола под действием дрожжевых грибов называют _____».

14. Производству этанола характерно применение: а) спиртового брожения; б) платинового катализатора; в) насосов; г) аппаратов для ректификации; д) дрожжей; е) трубчатых печей.

15. В производстве этанола применяют принципы научного химического производства: а) противотока; б) применения катализаторов; в) циркуляции; г) теплообмена.

16. В производстве этанола применяют явления: а) влияния солнечного излучения на протекание реакций; б) гидролиз; в) электролиз; г) спиртовое брожение; д) коагуляцию; е) катализ.

3.2.5. Производство сахарозы

Сырье: сахарный тростник и сахарная свекла.

Сахарный тростник — многолетнее травянистое растение семейства злаковых, в стеблях которого содержится до 20% сахара. Возделывается на Кубе, в Мексике, Индии, Австралии и других странах жаркого климата.

Сахарная свекла — единственная сельскохозяйственная культура в России для производства сахара, содержание которого составляет 15–18%. Для производства сахара используют корнеплоды первого года вегетации.



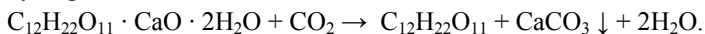
Рис. 29
Сахарная свекла

Корнеплод сахарной свеклы представляет собой мясистую, сильно уплотненную часть корневой системы. Масса корнеплодов составляет в среднем 200–500 г.

Технология получения сахара (сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$) включает следующие основные этапы:

1. Измельчение сахарной свеклы в стружку и извлечение сахарозы водой.
2. Обработка раствора известковым молоком.
3. Обработка раствора оксидом углерода (IV).
4. Упаривание раствора в вакуумных аппаратах и центрифугирование.
5. Дополнительная очистка сахара [105, с. 137–138].

Предварительный этап — подача свеклы в цех по отделению грубых примесей, мойка свеклы. Далее она поступает в цех — изрезывания свеклы в тонкую стружку и помещают ее в специальные сосуды — диффузоры, через которые пропускают горячую воду. Сахар находится внутри клеток сахарной свеклы и за счет диффузии переходит в воду. Одновременно в раствор переходят и другие вещества: кислоты, белки, красящие вещества. В связи с этим проходит очистка сока известковым молоком. Гидроксид кальция реагирует с содержащимися в растворе кислотами, выпадают в осадок малорастворимые соли. Сахароза образует растворимый сахарат типа алкоголятов $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO \cdot 2H_2O$. Для удаления ионов кальция пропускают диоксид углерода:



Далее раствор фильтруется и упаривается в вакуумных аппаратах, происходит сгущение сока, образование сиропа и кристаллизация сахара. Кристаллики сахара отделяют центрифугированием. Остается промышленное сырье — меласса — бурый раствор, который содержит до 50% сахарозы. Мелассу используют для получения лимонной кислоты, в качестве корма для животных и т. д. Выделенный сахарный песок обычно имеет желтоватый цвет, так как содержит красящие вещества. Поэтому сахарозу опять растворяют в воде и полученный раствор пропускают через активированный уголь. Затем снова упаривают и кристаллизуют.

Задания для самостоятельной работы

1. Какие операции надо осуществить для полного выделения сахарозы из сахарной свеклы?
2. С какой целью проводят сгущение сока — раствора сахарозы?
3. Если к раствору сахарозы прилить «известковое молоко» (водную суспензию гидроксида кальция) и смесь взболтать, то происходит растворение осадка. Как объяснить это явление?

3.2.6. Получение ацетатного волокна

К искусственным волокнам целлюлозного происхождения относятся нитратный шёлк, медно-аммиачное волокно, вискозное, ацетатное.

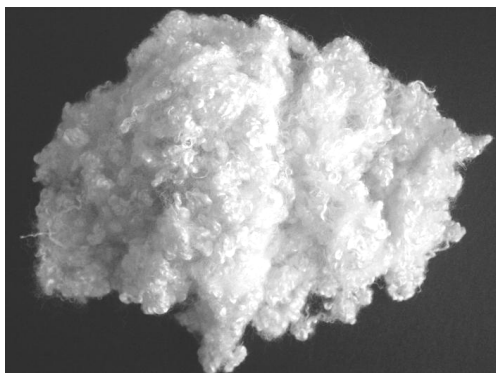


Рис. 30

Высококачественная древесная целлюлоза

Сырье: целлюлоза (древесина, хлопок).

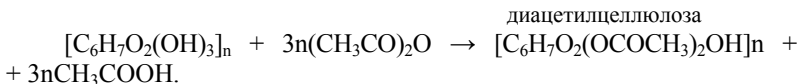
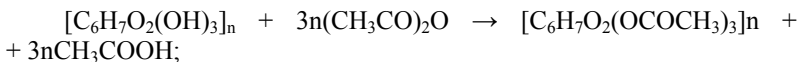
Этапы: подготовка целлюлозы, получение прядильного раствора, формирование волокна, отделка волокна.

Химизм:

триацетилцеллюлоза

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + 3nCH_3COOH \rightarrow [C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_n + 3nH_2O;$$

или при взаимодействии целлюлозы с уксусным ангидридом (в присутствии уксусной и серной кислот) получается триацетилцеллюлоза и диацетилцеллюлоза:



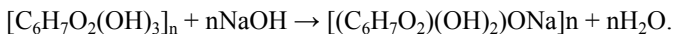
Таким образом, после выработки и очистки целлюлозу обрабатывают уксусным ангидридом (это более сильное этерифицирующее средство, чем уксусная кислота). В качестве катализатора реакции используют серную кислоту, а для растворения получившейся ацетилцеллюлозы добавляется кислота уксусная. Триацетат целлюлозы растворяют в смеси дихлорметана CH_2Cl_2 и этилового спирта, образуется вязкий раствор — прядильная смесь, ее фильтруют, очищая от переиз-

бытка грубых механических примесей, после чего отправляют в прядильную машину. Этот способ хорош также и тем, что не требуется использование каких-то дополнительных химикатов. Густая и тягучая прядильная масса попросту продавливается сквозь фильеру с множеством отверстий, после чего поступает в паровоздушную камеру при температуре около 87°C. Получение ацетатного волокна происходит в воздушной среде (сухой метод). Получающиеся струйки пропускаются в вертикальную шахту, куда подается нагретый воздух (рис. 31).

При этом растворители испаряются, а образующиеся волокна направляются на дальнейшую переработку. После этого полученные нити охлаждают, покрывают их поверхность маслом для предупреждения образования статического заряда, после чего наматывают на бобину. За минуту формируется до 600 м нити. В дальнейшем она не требует практически никакой обработки, за исключением только скрутки при производстве более толстых волокон [105, с. 143–146; 139, с. 102–109; 145, с. 308–310].

И. Н. Чертков отмечает, что ацетатное волокно превосходит по свойствам вискозное: меньше теряет прочность во влажном состоянии, обладает меньшей сминаемостью, лучше сохраняет тепло [145, с. 309–310]. Вследствие большей упругости ацетатных волокон изделия из них лучше сохраняют форму и более износостойки, чем из вискозных волокон.

Дополнительный материал. Вискозное волокно образуется при обработке целлюлозы едким натром, она набухает, образуя алкали-целлюлозу (*алкали* — щелочь):



При взаимодействии алкалицеллюлозы с сероуглеродом CS₂ образуется сложный эфир целлюлозы, который растворяют в щелочи. При этом получается вязкий раствор, который носит название вискозы. Вискозу продавливают через фильеру, представляющую собой металлический колпачок со множеством мельчайших отверстий (рис. 31), в ванну с разбавленной серной кислотой. Здесь разрушается эфир целлюлозы и получаются тонкие волокна, состоящие из регенерированной целлюлозы. Волокна собирают в пучок — нить. При прохождении раствора через фильеры макромолекулы целлюлозы ориентируются, т. е. располагаются параллельно друг другу. Процесс этот продолжается при дальнейшей обработке нитей, из которых изготавливают вискозный шелк или штапельные ткани [145, с. 309].

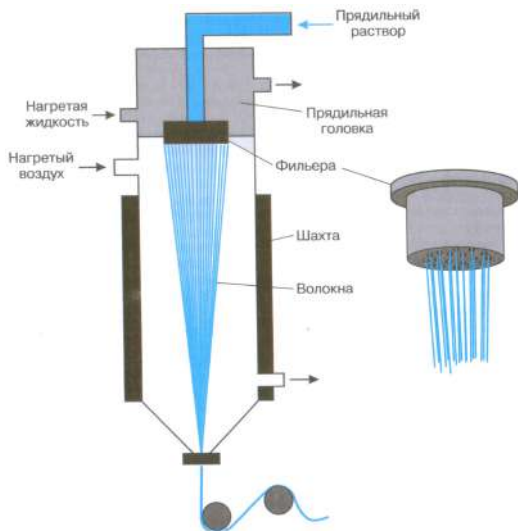


Рис. 31

Образование волокон ацетатного шелка

Задания для самостоятельной работы

1. Почему для образования волокна необходим полимер с линейной, неразветвленной структурой?
2. Что является сырьем для производства искусственных волокон?
3. Почему из целлюлозы получают волокна, а из крахмала их получить невозможно?
4. Молекулы каучука и целлюлозы имеют линейную структуру. Почему же каучук и целлюлозные волокна так сильно различаются свойствами (каучук не обладает прочностью волокон, а волокна не имеют эластичности каучука)?
5. Что является сырьем для получения: а) вискозного волокна; б) ацетатного волокна?
6. В чем различие по составу вискозного и ацетатного волокон?
7. В чем заключается сущность процесса получения искусственных волокон?
8. Чем отличается по составу и свойствам ацетатное волокно от других искусственных волокон?
9. Из каких основных стадий складывается производство ацетатного волокна? Как осуществляется формирование волокна?

ГЛАВА 4. ДИДАКТИЧЕСКИЕ ФОРМЫ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

4.1. Примеры построения уроков при изучении конкретных химических производств

Изучение основ химического производства на занятиях в средних общеобразовательных организациях — это наиболее сложная часть в работе учителя химии. Рассмотрим примеры конспектов некоторых уроков.

Для раскрытия использования производственного материала с учащимися 9 класса нами выбрана тема «Силикатная промышленность». Цели и задачи урока: расширить и углубить знания учащихся о производстве стекла, цемента, керамических материалов, о научных основах химических производств. Методы ведения урока: беседа с демонстрацией опыта: получение легкоплавкого свинцового стекла — и самостоятельной работой учащихся.

Опорные понятия: свойства солей, гидролиз, коллоидные растворы, научные основы производства. До изучения темы учащимся предложили подготовить информационный материал, оформить результаты поиска на 1–2 страницы с рисунками или в форме презентации (до 7 слайдов).

Содержание межпредметных связей: после знакомства с природными соединениями кремния (силикатами) рассматриваем их применение в производстве, в строительстве. С учащимися можно провести беседу о керамических и стеклянных изделиях, опираясь на знания, ранее полученные на занятиях истории, географии. Они замечают, что из белой глины изготавливают фарфоровые и фаянсовые изделия, глиняную посуду. Изделия подвергают обжигу до начала спекания, а не до плавления, поэтому они получаются пористые и влагопроницаемые. Керамические плитки отличаются высокими эксплуатационными качествами, поэтому они широко используются в строительстве. Ими облицовывают санузлы в жилых зданиях, операционные в больницах, душевые, бани и прачечные, а также цехи мозаичных полов, глазурованные плитки для внутренней облицовки стен и перегородок и т. д.

Необходимо сказать о недостатках керамических плиток: большая теплоусвояемость, низкая сопротивляемость ударам, малые размеры, из-за которых повышается трудоемкость укладки плиток.

Далее преподаватель знакомит учащихся с производством стекла. Учащиеся сами называют области применения стекла, сообщают, что из стекла изготавливают витражи, мозаичные полотна, стеклянные пустотелые банки. Для улучшения теплоизоляционных свойств в середину блока закладывают ткань из стеклянного волокна. Сочетание стеклянных блоков и железобетона создает стекложелезобетон. Этот материал применяется в виде панелей в строительстве. Калийное жидкое стекло применяется в водных связующих, пигментированных составах, а также в качестве отделки внутренних помещений, для окраски фасадов, образуя прочную атмосферостойчивую пленку.

Вышеприведенный пример информации по производственному материалу можно использовать в ходе обсуждения важнейших природных соединений кремния — силикатов и алюмосиликатов: полевого шпата, каолинита, слюды, а также в ходе изучения силикатной промышленности: производство стекла, цемента, керамических материалов, научные основы химических производств. В своей педагогической практике используем задания:

- обсуждение информации с производственным содержанием в ходе освоения учебного материала;
- использование информации по конкретному производству в устном ответе (защита творческой работы, полемика по фактам развития конкретной отрасли производства);
- решение расчетной задачи с производственным содержанием;
- выполнение элементарного химического эксперимента и т. д.

Рассмотрим некоторые задания.

Производство керамических изделий:

1. Что такое керамика, и какие виды керамики существуют?
2. Какие свойства глины лежат в основе керамической промышленности?
3. Как делают кирпич, черепицу, посуду?
4. Что называется силикатами, и какие из них используются на кирпичном заводе?
5. В чем преимущества и недостатки минералокерамических материалов? Где они применяются?
6. Из каких материалов изготавливают керамические трубы?
7. Для чего керамические трубы покрывают глазурью?
8. Перечислите известные вам санитарные приборы, изготовленные из фаянса или полуфарфора.

Производство стекла предлагаем изучать по плану:

1. Рассказ о производстве стекла: сырье, химизм процессов производства; переработка стекла: дутье, вытягивание, прессование, отливка; свойства стекла.

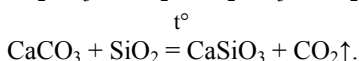
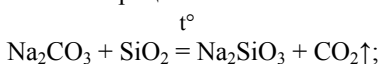
2. Сообщение учащихся о видах стекла и его применении.

3. Демонстрация кинофрагмента «Производство стекла».

В тетради учащиеся делают следующую запись.

Сырье: кварцевый песок, известняк, сода.

Химизм процессов:



Вопросы

1. Какое сырье используют для производства стекла?

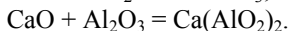
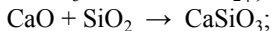
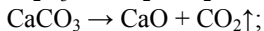
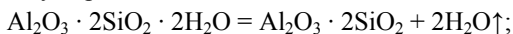
2. В чем сущность производства стекла?

3. Какие виды стекла используют в строительстве?

4. На каких свойствах стекла основано его применение в строительстве?

5. Какие научные принципы производства используются в производстве стекла?

Цемент, его виды, приготовление цементных растворов — этот материал достаточно хорошо изложен в школьном учебнике химии [104, с. 98–99]. Раскрывается химизм получения порошка цемента и его схватывания: обезвоживание каолинита, разложение известняка и образование силикатов и алюминатов кальция. При повышенной температуре идут процессы:



Записи можно дополнить сообщением «Цемент в строительстве» и беседой:

1. Почему цемент как строительный материал обладает лучшими качествами, чем кирпич?

2. Какой внешний вид имеет цемент?

3. Чем является цемент по химическому составу?

4. Как образуется цементное тесто, что с ним происходит со временем?

5. Объясните с химической точки зрения, как происходит твердение цемента.
6. Почему цемент называют цементным клеем?
7. Где используют цемент?
8. Какую функцию цемент выполняет в бетоне?
9. Как получается бетон?
10. Какую функцию выполняют песок и гравий в бетоне?

С целью применения знаний можно предложить задания, составленные на основе публикаций [49; 61; 120].

Задание 1

Для получения шприц-бетона используют химические добавки, ускоряющие схватывание и твердение. Такой добавкой является тонкоизмельченный спек боксита с содой и известью. Эта добавка вводится в сухую смесь в количестве 2–5% от массы цемента и обеспечивает быстрое схватывание и твердение шприц-бетона. Ее недостатки: при сравнительно непродолжительном хранении она слеживается и комкуется, быстро теряя свою активность.

Напишите все уравнения реакций, происходящих при длительном хранении этой добавки.

Задание 2

При проектировании строительства зданий и сооружений на осадочных грунтах обычно предусматриваются меры, которые должны способствовать предохранению грунта от замачивания, увеличению жесткости здания. Материалом для укрепления грунта методом электросиликатизации служит жидкое стекло плотностью $1,13 \text{ г/см}^3$, приготовленное из силикат-глыбы. Физико-химическая сущность этого процесса заключается в улучшении проницаемости раствора под влиянием электрического поля и в превращении грунта в прочный монолит. Введенное в грунт жидкое стекло вступает во взаимодействие с имеющимися в грунте солями, например хлоридом и сульфатом кальция. В результате происходят химические реакции с образованием геля кремниевой кислоты и гидроксида кальция.

Напишите все возможные уравнения реакций, происходящих при электросиликатизации грунта основания.

Задача. Сколько килограммов жидкого стекла в виде силиката натрия получится при сплавлении песка с водой в количестве 159 кг, содержащих 5% примесей?

Таким образом, предлагаемая система заданий, ориентированная на изучение основ химического производства является актуальной,

так как в Астраханской области много предприятий по силикатной промышленности. Учащиеся 9-го класса должны иметь представление о строительных специальностях, возможных местах профессионального обучения, проследить роль химии в развитии промышленности области.

С учащимися 10–11 классов, профессиональных колледжей, техникумов большое значение имеет проведение семинарских занятий. Они позволяют систематизировать знания учащихся и способствуют получению глубоких и прочных знаний, в ходе подготовки и проведения семинара вырабатываются навыки самостоятельности и умения осуществлять научно-исследовательскую деятельность. В ходе семинара происходит приобретение основных умений и навыков учебного труда:

- учебно-организационные умения:
 - принимать и намечать задачи деятельности;
 - рационально планировать деятельность;
- учебно-информационные:
 - умение осуществлять библиографический поиск;
 - осуществлять наблюдения;
 - работать с различными источниками знаний.

Учебно-интеллектуальные: умение мотивировать деятельность внимательно воспринимать информацию, рационально запоминать, решать проблемные задачи, анализировать ответы учащихся [32; 44; 131].

При этом каждый ученик получает также эффективное воспитательное воздействие. Этот момент важен с различных сторон. Во-первых, происходит воспитание личности в коллективе, ученик учится выступать, отстаивать свое мнение, излагать четко мысли. Во-вторых, развивается и укрепляется интерес учащихся к предмету. И, в-третьих, широкое использование производственного и краеведческого материала способствует решению задач патриотического воспитания и профориентации учащихся.

В педагогической практике известны **семинары различных типов**. По дидактическим целям одни из них служат приобретению новых знаний, цель других — повторение, углубление и обобщение уже изученного, обучение самостоятельному применению знаний в новых, нестандартных ситуациях. Здесь имеются большие возможности для реализации частично-поисковой и творческой деятельности. Наибольшее распространение получили семинары двух типов: коллективное обсуждение заранее поставленных вопросов и заслушивание специально подготовленных учащимися сообщений, докладов (рефе-

ратов) по теме семинара с последующим обсуждением и использованием презентаций.

На подготовительный этап семинара отводится не менее двух недель, учащимся сообщается тема, план и вопросы (обсуждаются коллективно), распределяются индивидуальные и групповые задания, определяются докладчики (содокладчики) и оппоненты. Рекомендуются основная и дополнительная литература по каждому вопросу. Организуется самостоятельная работа учащихся с литературными источниками, готовятся доклады и рефераты, вопросы для дискуссии.

Учитель неоднократно проводит консультации, продумывает наглядность — оформление урока-семинара.

Семинар ведет учитель или ученик.

В своем вступительном слове он кратко характеризует тему, подчеркивает ее актуальность, раскрывает основные цели занятия. В ходе семинара активизирует работу учащихся, привлекает их к постановке дополнительных вопросов докладчикам, следит за ходом дискуссии; поощряет инициативность учащихся.

В заключение семинара учитель с учетом обсуждения подводит итоги, дополняет высказывания учащихся по наиболее важным вопросам, разъясняет спорные положения, отмечает наиболее удачные выступления, оценивает работу учащихся.

Семинар — одна из форм коллективной работы в классе, и важно, чтобы все старшеклассники принимали в нем активное участие.

Учить обучающихся умению учиться — одна из главных задач обучения. Совершенствование умения применять приобретенные учащимися знания на лекциях и других уроках целесообразно осуществлять на последующих семинарских занятиях.

Урок. Природные источники углеводородов (интегрированный урок) — 10 класс (I курс техникума или колледжа)

Цели: учащиеся должны усвоить:

- состав и свойства природного и попутного нефтяного газов, нефти и нефтепродуктов, продуктов коксования;
- комплексное использование природных ресурсов;
- изменения в использовании углеводородного сырья, например решение проблемы получения жидкого топлива из угля;
- мероприятия, направленные на охрану окружающей среды.

Учащиеся должны научиться: распознаванию понятия «природные источники углеводородов» в ходе работы с географическими картами (по России, конкретной области, району), диаграммами

«Мировое производство основных видов топлива и энергии в начале 90-х гг. XX в., в начале XXI века», «Международная торговля»; высказывать мнение об экологических проблемах.

Учащиеся должны убедиться:

- в закономерных взаимосвязях состава, свойств и областей применения природных источников углеводородов;
- в причинах загрязнения окружающей среды отходами газовой, нефтяной и коксохимической промышленности, определить, какие в связи с этим возникают экологические проблемы.

Оборудование: коллекции «Нефть и нефтепродукты», «Каменный уголь», диаграммы «Мировое производство основных видов топлива и энергии», карты России, области, района, выставка литературы и материалы печати. На каждый стол раздается дидактический материал.

К проведению урока была подготовлена группа учащихся «Экологов — врачей санэпидемстанции». Они составили для всего класса вопросы экспресс-анкеты, подготовили сводную ведомость для учета оценок. Класс можно разделить на две группы — команды.

На доске записан план урока, или план дается на экран.

1. География месторождений природных источников углеводородов.
2. Нефте-газо-коксохимия в цифрах.
3. Комплексное использование природных ресурсов: состав, свойства и области применения.
4. Газоконденсатный комплекс (материалы печати).
5. Защита окружающей среды.

За месяц до урока учащимся сообщается план самоподготовки, в ходе которого они работают с материалами печати по охране окружающей среды, знакомятся с трудами писателей и поэтов. В течение этого времени проводится экскурсия в Госкомитет по охране окружающей среды или на естественный факультет педвуза (можно посетить и краеведческий музей и т. д.). Каждая группа в качестве домашнего задания готовит плакат по выявлению причин загрязнения окружающей среды отходами газовой, нефтяной и коксохимической промышленности. На уроке происходит защита творческого проекта.

Учитель. Наш урок посвящен изучению природных источников углеводородов и в связи с этим с возникающей проблемой загрязнения окружающей среды. Чтобы хорошо разбираться в причинах загрязнения окружающей среды, мы должны хорошо знать состав, строение и свойства веществ, попадающих в природу; осознать опасность бездумного обращения с химическими веществами. Экологиче-

ская проблема — одна из самых острых глобальных проблем современности.

Сейчас становятся актуальными стихи Р. Рождественского:

Кромсаем лед,
Меняем рек течение,
Твердим о том, что дел невоворот.
Но мы еще придем просить прощенья
У этих рек, барханов и болот;
У самого гигантского восхода,
У самого мельчайшего малька...
Пока об этом думать неохота,
Сейчас нам не до этого пока.
Аэродромы, пирсы и перроны,
Леса без птиц,
И реки без воды...
Все меньше — окружающей природы,
Все больше — окружающей среды.

Учитель. Для того чтобы разобраться в причинах загрязнения окружающей среды, мы должны опираться на знания по химии, биологии, географии, физике и литературе. Слово предоставляется группе «Экологов».

Ознакомление с природными источниками углеводородов и комплексным использованием природных ресурсов.

I. Группа экологов проводит анкетирование и сбор анкет для анализа. Каждый ученик получает маленький листочек для ответа, указывает только номер вопроса и ответ.

Вопросы анкеты:

- а) укажите продукты переработки природного газа, попутного нефтяного газа, нефти и продуктов коксования;
- б) назовите минеральные богатства нашей области;
- в) какие химические предприятия нашей области вам известны;
- г) назовите вещества — загрязнители окружающей среды;
- д) какие вам известны мероприятия по охране окружающей среды?

II. Каждая группа делает краткие сообщения:

- а) состав, переработка и применение природного и попутного газов, каменного угля;
- б) горюче-смазочные материалы;
- в) происхождение нефти;
- г) состав нефти, нефтепродуктов;

- д) переработка нефти: первичная и вторичная;
- е) технология нефтехимического синтеза (очень кратко).

III. Защита домашнего задания: а) реклама плаката; б) вопросы другой команде; в) учащиеся другой команды выступают в качестве оппонентов; г) ответное слово команды, в котором делается обобщение, и звучат слова благодарности за полученные замечания и предложения.

Рекомендуемые вопросы

1. Какие преимущества по сравнению с другими видами топлива имеет природный газ?
2. Почему метан в больших концентрациях опасен для жизни? Поясните, в чем состоит двойственная роль метана в природе.
3. В чем сущность пиролиза каменного угля?
4. Чем различаются важнейшие нефтепродукты по химическому составу?
5. Чем отличается процесс крекинга нефти от процесса ее перегонки?
6. Чем отличается крекинг-бензин от бензина прямой перегонки?
7. Что вам известно из истории открытия газового комплекса?
8. Что дает комплексное использование сырья?

IV. Командам дается время для составления кроссворда из семи заданий, чтобы получилось ключевое слово: нефть (или метан, или кокс). Составленные кроссворды команды предлагают друг другу.

V. Блиц-турнир «Кто знает больше!». Учащимся предлагается назвать поэтов и писателей, посвятивших свои труды Волге и Каспию, загадки о природе.

VI. Далее группа экологов дает экспресс-вопросы.

1. В чем сущность энергетических проблем в России?
2. Как изменилась структура народнохозяйственного использования углеводородного сырья?
3. Объясните, почему опасно загрязнение водоемов нефтепродуктами.
4. Почему холодные моря загрязнены нефтепродуктами в большей степени, чем теплые?
5. Как различить загрязнение воды нефтепродуктами?
6. Какие основные компоненты входят в состав газового конденсата?
7. Какое отрицательное воздействие оказывает бензол или нитробензол на человека?

8. Какие вещества оказывают сильное загрязнение в окружающей среде в нашей области? Почему их влияние более опасно, чем загрязнение нефтепродуктами?

9. Какие виды воздушных загрязнений вам известны?

10. Какие службы контролируют выбросы промышленных предприятий?

11. Какие виды загрязнения почвы мешают развитию растений?

12. Какие химические методы используют для обеззараживания газов: оксидов серы, сероводорода, серы, ароматических соединений? Что вы можете предложить для этих целей?

13. В чем двойственная роль химических средств защиты растений?

14. Какова роль микроорганизмов в природе?

15. Что развивает в человеке общение с природой?

Учащиеся группы «Экологов» учитывают работу обеих команд, в конце подводят итоги и дают домашнее задание: «Напишите обличительную речь одному из веществ-загрязнителей».

Учитель должен поблагодарить команды за участие в столь необычном уроке, где учащиеся сумели применить свои знания из разных предметов, показать осознанность взаимосвязи проблем человечества с уровнем интеграции знаний. Например: продовольственная проблема зависит от успехов агрохимии и биотехнологии; энергетическая — от химии, переработки нефти, газа, угля, ядерного топлива; экологическая — от новых безотходных производств, эффективных способов обезвреживания выбросов.

Урок неоднократно проведен с учащимися 10-х классов учителем химии Э. Ф. Матвеевой, учителем географии Л. Б. Смолиной (МБОУ г. Астрахани «СОШ № 30»). На таком уроке можно использовать игровые моменты. Главное — чтобы труд каждого обучающегося был отмечен и поощрен. Однажды ученики склеили из картона большой куб, на каждой стороне были написаны буквы, например: К, Н, Л, У и т. д., если выпадает буква, то команды должны назвать на эту букву природный источник, фракцию, ученого, процесс и т. д.

Полимеры

Учебные пособия

1. *Александровский, А. В.* Материаловедение для штукатуров, плиточников, мозаичников : учебник для средних проф. техн. училищ. — 7-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1981. — 272 с.

2. *Артеменко, А. И.* Справочное руководство по химии : справ. пособие / А. И. Артеменко, И. В. Тикунова, В. А. Малеванный. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 2002. — 367 с. — (Материалы на основе высокомолекулярных соединений. — С. 298; 311–328).

3. Большая детская энциклопедия: Химия / сост. К. Люцис. — М. : Русское энциклопедическое товарищество, 2000. — 640 с. — (Что такое полимер? — С. 569–582).

4. *Браун, Т.* Химия — в центре наук : в 2 ч. : пер. с англ. / Т. Браун, Г. Ю. Лемей. — М. : Мир, 1983. — Ч. 2. — 520 с. — (Полиприсоединение алкенов. — С. 423–425; нейлон. — С. 433–434).

5. *Габриелян, О. С.* Химия. 10 класс. Углубленный уровень : учебник / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, С. Ю. Пономарев. — 2-е изд., стер. — М. : Дрофа, 2014. — 366 с. (§ 11. Полимеризация алкенов. — С. 98–104; § 13. Алкадиены, реакция полимеризации. — С. 122; Каучук. — С. 123–127; § 18. Поликонденсация фенола с альдегидами. — С. 190–192; § 24. Ацетатное волокно. — С. 260; § 26. Капрон. — С. 277–278).

6. *Матвеева, Э. Ф.* Организация самостоятельной работы учащихся на уроках органической химии (задания для самостоятельных работ политехнического содержания) : метод. рекоменд. для студ. и стажеров. — Астрахань : АГПИ им. С. М. Кирова, 1988. — 28 с.

7. Разноликие пластмассы / сост. В. Трахановский ; предисл. В. Смирнова ; ред. Л. Н. Жукова. — М. : Знание, 1985. — 48 с. — (Твоя профессия; № 1).

8. *Цветков, Л. А.* Эксперимент по органической химии: методика и техника : пособие для учителей. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Школьная пресса, 2000. — 192 с.

9. *Цветков, Л. А.* Органическая химия : учебник для учащихся 10–11 кл. общеобразоват. учеб. заведений. — М. : ВЛАДОС, 1999. — 280 с.

10. *Чертков, И. Н.* Химический эксперимент с малыми количествами реактивов : кн. для учителя / И. Н. Чертков, П. Н. Жуков. — М. : Просвещение, 1989. — 191 с.

11. Энциклопедия для детей / гл. ред. В. А. Володин. — М. : Аванта+, 2001. — Т. 17. Химия. — 640 с. (Гиганты органического мира — полимеры. — С. 588–604).

Тип урока: изучение новых знаний (создание знания на уроке посредством решения практико-ориентированных задач в ходе обсуждения вопросов беседы, результатов химического эксперимента). Данный урок (1–2 ч) можно провести с обучающимися 10 класса,

студентами техникума или колледжа в ходе изучения курса органической химии.

Общедидактическая цель: обобщение, систематизация и углубление представлений о полимерах с опорой на сформированные умения работы со справочной, энциклопедической и учебной литературой. Содержание информации составлялось на основе изучения специальной литературы.

Цели:

Образовательная: учащиеся должны усвоить:

- природные полимеры — это натуральный каучук, крахмал, целлюлоза, белки, нуклеиновые кислоты; синтетические полимеры — пластмассы, волокна, каучуки;
- структурное звено, степень полимеризации, молекулярная масса, строение и способы получения полимеров;
- основные правила техники безопасности при выполнении химического эксперимента.

Развивающая: учащиеся должны научиться:

- характеризовать строение и химические свойства изученных органических соединений;
- различать понятия: «мономер», «полимер», «структурное звено» и т. д.;
- классифицировать волокна — на природные (животного и растительного происхождения) и на химические (искусственные и синтетические);
- формировать учебные компетенции; развивать научно-познавательную и коммуникативную компетенции, умения анализировать, выделять главное в изучаемом материале, делать выводы;
- проводить самостоятельный поиск химической информации с использованием различных источников.

Воспитывающие: учащиеся должны:

- получить представление о полимерах как макромолекулах природного и синтетического происхождения;
- сформировать бережливое и грамотное отношение к природным ресурсам и продуктам химической промышленности.

Методы и методические приемы: создание знания о полимерах в ходе практико-ориентированной деятельности: работа с информационными источниками, коллекциями и образцами пластмасс и волокон, анализ результатов химического эксперимента.

Технология обучения в малых группах приводится с элементами сообщений учащихся. Химический эксперимент (работа в группах).

Ход урока

I. Оргмомент.

II. Актуализация знаний и действий.

На столах учащихся имеются основные учебники и учебные пособия [1–11]. В зависимости от количества учащихся в классе проводим деление их на группы по 4 чел. в 6 групп, по 5 чел. — в 6 групп т. д. Каждая группа получает комплект соответствующего задания. Работают все под одним номером (указывают его в своей тетради). В комплекте имеются информационные таблицы (по числу учащихся в группе), учебники [5; 9], карточка с заданием (по числу учащихся в группе), инструкция к экспериментальной части, набор оборудования и реактивов. Обратим внимание на карточку с заданием. Она состоит из двух частей: теоретической и контрольной. В теоретической части предлагается два задания, направленных на изучение материала по конкретным пластмассам и волокнам. Во второй части предлагается серия вопросов на контроль знаний, так как в начале урока идет ввод в тему, приобретение и осмысление знаний, то задания для контроля знаний могут выполняться с подсказкой учителя или с помощью литературных источников. В связи с этим первый этап урока можно назвать «погружением» в проблему с целью освоения знаний, а значит, здесь предполагается и первичный контроль. Далее созданная группа выполняет эксперимент по изучению свойств, предложенных образцов пластмассы и волокон.

Внутри группы возможны варианты взаимодействия. Во-первых, удачно получается, когда каждый прорабатывает материал самостоятельно, а затем предлагает свой ответ, оставляя заранее свободное место для внесения дополнений. Во-вторых, можно внести разделение труда, один ученик работает по одному литературному источнику, второй — по другому. Затем каждый предлагает свое решение по самостоятельно подобранному материалу для составления ответа. Ориентиром служит предлагаемый план для анализа полимера.

Ход анализа

I. Внешний вид:

- а) агрегатное состояние;
- б) цвет;
- в) прозрачность;
- г) прочность.

II. Строение макромолекулы:

- а) состав;

- б) исходный мономер;
в) элементарное звено.

III. Свойства полимеров:

- а) диэлектрические;
- б) действие растворителя;
- в) клеящая способность;
- г) отношение к нагреванию;
- д) горение;
- е) действие кислот, щелочей, перманганата калия, бромной воды.

IV. Практически важные свойства.

V. Применение.

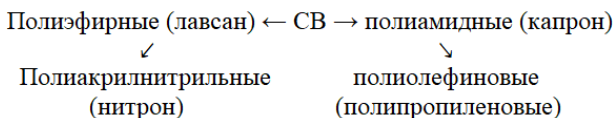
Второй этап урока — работа в новых группах, куда каждый приходит со своим комплектом заданий и, в соответствии с тем номером, который был у всех в первичной группе. Работа в такой группе возможна по стилю КСО (коллективного способа обучения), т. е. каждый ученик подбирает себе партнера для работы по своей карточке, выполняет задания своей карточки, объясняя их подробно, выслушивает объяснение партнера по его карточке, затем они обмениваются заданиями по контролю знаний. Выполняют их, далее осуществляют само- и взаимоконтроль. В таком стиле продолжается работа до тех пор, пока все задания всех карточек не будут выполнены.

Фактически все группы работают по одинаковым комплектам заданий. Каждый ученик выступает попеременно то в роли учителя, то обучающегося. В конце урока (или в конце второго урока) можно провести письменный контроль знаний. Ниже представим карточки заданий.

Карточка 1

1. Повтори по учебнику [5, с. 98; 9, с. 226–227] материал о полиэтилене, в ответе используй информационную карту (ИК-1). Расскажи о нем по предложенному плану.

2. Изучи классификацию волокон [9, с. 236]. Запиши себе в тетрадь классификацию основных синтетических волокон (СВ):



Изучи волокно лавсан по учебнику [9, с. 236–237], оформи записи по предложенному плану.

3. Вопросы само- и взаимоконтроля:
 - Напишите структурное звено макромолекулы лавсана.
 - Почему структурным звеном полиэтилена принято считать $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$, а не $-\text{CH}_2 -$?
 - В чем сходство полиэтилена с предельными углеводородами по строению и свойствам?
 - Как объяснить, что прочность линейных полимеров с увеличением длины макромолекулы возрастает?
 - В чем проявляется различие свойств полиэтилена высокого и низкого давления? Чем это можно объяснить?
 - Напишите уравнение полимеризации полиэтилена.

Карточка 2

1. Изучи по информационной карте (ИК-2) материал о мочевиноформальдегидных смолах, расскажи о них по предложенному плану.

2. Изучи классификацию волокон [9, с. 236]. Запиши себе в тетрадь классификацию основных синтетических волокон (СВ):

Полиэфирные (лавсан) \leftarrow СВ \rightarrow полиамидные (капрон)

| | |
|--|--|
| \swarrow Полиакрилонитрильные (нитрон) | \searrow полиолефиновые (полипропиленовые) |
|--|--|

Изучи полипропиленовое волокно по информационной карте (ИК-3) и учебнику [9, с. 228–229].

3. Вопросы само- и взаимоконтроля:
 - В чем сходство полипропилена с предельными углеводородами по строению и свойствам?
 - Охарактеризуйте стереорегулярную структуру макромолекул полипропилена.
 - Какая структура полипропилена, на ваш взгляд, не будет стереорегулярной?
 - Как объяснить: а) отсутствие летучести у высокомолекулярных соединений, б) вязкость их растворов?
 - Составьте уравнение получения мочевино-формальдегидной смолы.
 - Известно, что формальдегид может полимеризоваться по месту двойной связи в молекуле с образованием полиформальдегида с чередующимися в цепи атомами углерода и кислорода. Полученный полимер обладает хорошими механическими свойствами и используется для изготовления деталей машин, пленок, волокон и т. д. Составьте схему реакции полимеризации формальдегида.

мальдегида, укажите формулы структурного звена и образующегося полимера.

Карточка 3

1. Изучи материал о полистироле по информационной карте (ИК-4) и учебнику [9, с. 231].

2. Изучи классификацию волокон [9, с. 236]. Запиши себе в тетрадь классификацию основных синтетических волокон (СВ):

Полиэфирные (лавсан) ← СВ → полиамидные (капрон)

| | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| ↙ | ↘ |
| Полиакрилонитрильные (нитрон) | полиолефиновые (полипропиленовые) |

Изучи волокно капрон [9, с. 238–239], оформи записи по предложенному плану.

3. Вопросы само- и взаимоконтроля:

- Упрочненное волокно из капрона для кордной ткани готовится особенно сильной вытяжкой его. Как это объяснить?

- Как вы объясните, что для синтеза капрона исходным веществом служит ε -аминокапроновая кислота, а не α -, β - или γ -аминокапроновая кислота?

- Напишите уравнение полимеризации полистирола.

- Установлено, что чем больше различие в молекулярной массе макромолекул полимера, тем шире температурный интервал, в котором он плавится, и наоборот. Объясните это явление.

- Капрон имеет строение: $-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-$. Найдите структурное звено полимера и определите структурную формулу исходного вещества.

- Как можно отличить изделия из полистирола и полиэтилена?

Карточка 4

1. Изучи по учебнику [9, с. 230], информационной карте (ИК-5) материал о полихлорвиниле, расскажи о нем по предложенному плану.

2. Изучи классификацию волокон [9, с. 236]. Запиши себе в тетрадь классификацию основных синтетических волокон (СВ):

Полиэфирные (лавсан) ← СВ → полиамидные (капрон)

| | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| ↙ | ↘ |
| Полиакрилонитрильные (нитрон) | полиолефиновые (полипропиленовые) |

Изучи материал учебника [9, с. 184–185] об ацетатном волокне, оформи записи по предложенному плану.

получения нитрона служит нитрил акриловой кислоты $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} \equiv \text{N}$. Составьте уравнение реакции полимеризации нитрила акриловой кислоты по двойной связи.

○ Полимеризацией хлоропрена $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C}(\text{Cl}) = \text{CH}_2$ получают хлоропреновый каучук, характеризующийся высокой устойчивостью к действию света, теплоты и растворителей. Составьте уравнение полимеризации хлоропрена и формулу структурного звена полимера.

○ При разложении бутадиенового каучука образуется углеводород состава C_4H_6 . На основании чего можно предположить, что он относится к диеновым углеводородам? Какой количественный опыт вы предложили бы для проверки этого предположения?

Карточка 6

1. Изучи материал о термопластичной пластмассе — органическом стекле [9, с. 232], оформи записи по предложенному плану.

2. Изучи классификацию волокон [9, с. 236]. Запиши себе в тетрадь классификацию основных синтетических волокон (СВ):

Полиэфирные (лавсан) ← СВ → полиамидные (капрон)

↙
Полиакрилонитрильные
(нитрон)

↘
полиолефиновые
(полипропиленовые)

Изучи материал о синтетических волокнах на основе полимера тефлона $(-\text{CF}_2 - \text{CF}_2 -)_n$ в книге [4, с. 291; 11, с. 591].

3. Вопросы само- и взаимоконтроля:

○ При нагревании выше 200°C полиметилметакрилат деполимеризуется подобно полистиролу. Составьте уравнение деполимеризации.

○ Зная химическое строение полиметилметакрилата, объясните меньшую его стойкость к растворам кислот и щелочей (при нагревании) по сравнению с другими полимерами.

○ Полиамидное волокно анид (нейлон) получают из продукта совместной поликонденсации гексаметилендиамина $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$ и адипиновой кислоты $\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$. Составьте уравнение реакции.

○ Полиамидное волокно энант, отличающееся от капрона большей светостойкостью, получается из продукта поликонденсации аминокептановой кислоты $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{COOH}$. Составьте уравнение поликонденсации этой кислоты.

○ Инициатор и катализатор — не однозначные понятия. В чем их принципиальное различие?

○ В чем особенность понятия «молекулярная масса полимеров»?

Ниже представлены информационные карты, их можно использовать с целью экономии времени учащихся, которые могут осуществить поиск дополнительных сведений о полимерах в другой литературе. Содержание информации составлялось на основе изучения специальной литературы [1–11].

Рассмотрим содержание информационных карт (1–7) и инструкции к учебному эксперименту.

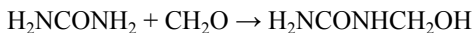
ИК-1. Свойства полиэтилена и его применение

| Название, формула, свойства полимера | Свойства, на которых основано применение | Применение полимера | |
|---|--|--|---|
| | | Где? | Для какой цели? |
| Полиэтилен ($-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$) _n — твердое, нелетучее вещество, белого цвета, жирное на ощупь, без запаха | Диэлектрические свойства, водонепроницаемость. Эластичность, термопластичность, химическая стойкость | Электротехника, пищевая, легкая промышленность, строительство. Химическая промышленность | Изоляция электропроводов и кабелей, полиэтилен в виде пленки применяется как упаковочный материал, изготовление водопроводных труб, различные детали строительных машин. Детали в химическом аппаратостроении, емкости для хранения и перевозки химически агрессивных жидкостей |

ИК-2. Мочевино-формальдегидные смолы и пластмассы

Мочевино-формальдегидные смолы и пластмассы на их основе (аминопласты) получают в большем количестве, чем фенопласты: они дешевле, а процесс изготовления их проще; благодаря тому, что смолы прозрачны и бесцветны, их можно окрашивать в любые цвета.

Химизм:

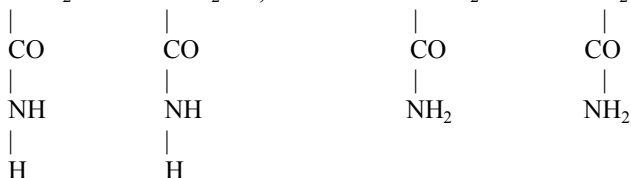


монометилолмочевина

Полученный раствор смешивают с наполнителем (древесная мука, целлюлоза и др.) и красителем, высушивают и измельчают, полу-

чая пресс-порошок; из него горячим прессованием изготавливают предметы бытового назначения (посуда, игрушки и др.). Декоративные слоистые пластики получают прессованием бумаги или ткани, пропитанной смолой; они применяются для облицовки стен (моющиеся обои) квартир, общественных зданий и средств транспорта.

Большие количества смол используют в качестве клеев для мебели с холодным отверждением. Оно происходит также в процессе прессования за счет поликонденсации с отщеплением воды и образованием трехмерной структуры:

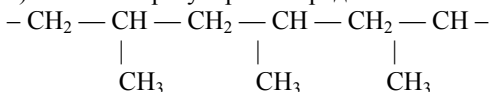


ИК-3. Полипропиленовое волокно

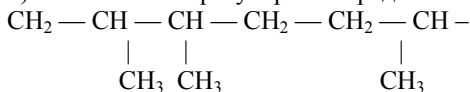
Оно принадлежит к полиолефиновым волокнам (этиленовые углеводороды называются олефинами). Получение волокна связано с синтезом стереорегулярного полипропилена.

Молекулы пропилена в процессе полимеризации могут по-разному соединяться между собой:

а) возможно регулярное чередование элементарных звеньев:



б) может быть нерегулярное чередование элементарных звеньев:



При стереорегулярном строении элементарные звенья в макромолекулах должны иметь регулярное чередование (см. учебник, 9, с. 229, рис. 59).

Стереорегулярное строение обеспечивает плотную упаковку макромолекул — возрастает их взаимное притяжение, улучшаются физико-химические свойства полимера. Полипропиленовое волокно получают из расплава, оно отличается легкостью (легче воды), высокой прочностью, большой устойчивостью к кислотам и щелочам. Изготавливают морские канаты, ковровые изделия, используют в хирургии.

ИК-4. Свойства полистирола и его применение

| Название, формула, свойства полимера | Свойства, на которых основано применение полимера | Применение полимера | |
|--|--|-----------------------|---|
| | | Где? | Для какой цели? |
| Полистирол $(-\text{CH}_2 - \text{CH}-)_n$ C_6H_5 | Термопластичен, обладает механической и химической прочностью. Диэлектрические свойства | Легкая промышленность | Изготовление предметов бытового назначения — посуда, игрушки и т. д. производят кислотоустойчивые емкости, трубы, аккумуляторные баки |
| Прозрачное, твердое вещество | Плохие проводники тепла и звука. Основные недостатки полистирола — хрупкость и невысокая теплоустойчивость | Электротехника | Высококачественная электроизоляция, изготовление переправочных и спасательных средств, изоляции в холодильниках, перегородок при строительстве домов, облицовочные плитки, дверные ручки, лаки, краски, тепло- и звукоизоляционные поропласты |
| Из полистирола изготавливают пенопласты | | Строительство | |

ИК-5. Свойства поливинилхлорида и его применение

| Название, формула, свойства полимера | Свойства, на которых основано применение полимера | Применение полимера | |
|--|---|---------------------------------------|--|
| | | Где? | Для какой цели? |
| Поливинилхлорид, полихлорвинил $(-\text{CH}_2 - \text{CH}-)_n$ Cl | Химически стоек к действию кислот и щелочей. | Химическая промышленность | Изготовление труб, деталей, аккумуляторные баки, ванны для никелирования. |
| Твердое вещество, белого цвета, термопластичен. При нагревании разлагается | Диэлектрические свойства | Электротехника. Легкая промышленность | Трубки для изоляции, электропроводники, плащи, сумки, ремни, сетки и т. д. Пленки для гидроизоляции, поропласт, |

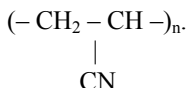
| Название, формула, свойства полимера | Свойства, на которых основано применение полимера | Применение полимера | |
|--|--|---------------------|---|
| | | Где? | Где? |
| 1. Винипласт — почти чистый поливинилхлорид. 2. Пластикат — более мягкий, добавляют пластификатор | Более твердый. Недостаток — затвердевание изделий на холоде, хрупкость | Строительство | отделочные и декоративные материалы, трубопроводы для жидких коррозионных сред, линолеум. Производство лаков и красок. Изготавливают электроизоляцию, клеенки и т. д. |

ИК-6. Свойства полихлоропренового каучука и его применение

| Название, формула, свойства полимера | Свойства, на которых основано применение полимера | Применение полимера | |
|--|---|---|---|
| | | Где? | Для какой цели? |
| <p>Полихлоропреновый каучук</p> $\begin{array}{c} (-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_{\text{n}} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$ <p>Твердое, гуттаперчеподобное вещество, не горит, но поддерживает горение, обугливается</p> <p>Синтетические латексы</p> | <p>Обладает хорошей масло-, щелоче- и кислотостойкостью, стоек к действию озона, кислорода, света и растворителей, высокая клеящая способность, прочность в соединении</p> <p>Водные эмульсии каучукоподобных полимеров, вязущее вещество</p> | <p>В строительстве. В облицовочных работах, штукатурных работах, резиновой промышленности</p> | <p>Изготовление шлангов для передачи масел, щелочей и кислот.</p> <p>Клей и клеящие мастики для укладки плитки и линолеума.</p> <p>Для приготовления окрасочных составов, клеев, мастик, полимерцементных растворов, резиновых изделий, изоляции проводов</p> |

ИК-7. Нитрон — синтетическое волокно

Мономером для получения волокна является нитрил акриловой кислоты $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CN}$ (группа атомов $\text{C} \equiv \text{N}$ называется нитрильной). Другое название мономера — акрилонитрил. В присутствии инициатора это вещество вступает в реакцию полимеризации с образованием полиакрилонитрила:



Молекулярная масса его 40 000–70 000, плотность 1,13 г/см³. Из полиакрилонитрила изготавливают нитрон — волокно, которое характеризуется большой прочностью, эластичностью, высокой термической стойкостью (разлагается при 220°C) малой теплопроводностью. По стойкости к свету и атмосферным воздействиям нитрон стоит на первом месте среди всех природных и химических волокон. Фактура нитрона сходна с шерстью, поэтому его используют в смеси с шерстью или для ее замены. Нитрон устойчив к кислотам, но разрушается концентрированными растворами щелочей.

Из нитрона изготавливают ткани для костюмов и пальто, трикотажные изделия, искусственные меха.

Инструкция к лабораторной работе 1

Цель: изучить свойства полиэтилена.

1. Рассмотрите образец полиэтилена и отметьте: а) агрегатное состояние; б) цвет; в) прозрачность; г) прочность.

2. Поместите образец полиэтилена в пробирку в водой. Тяжелее или легче полиэтилен воды?

3. Нагрейте в металлической ложечке кусочек полиэтилена. Что наблюдаете? Стеклой палочкой измените форму размягченного полиэтилена и дайте ему остыть. Какое свойство полиэтилена лежит в основе наблюдаемых явлений? Какое практическое значение оно имеет?

4. Подожгите кусочек полиэтилена. Что наблюдаете (цвет пламени, запах, копоть, продукты горения)?

5. Поместите кусочек полиэтилена в бромную воду, раствор перманганата калия, концентрированные растворы серной кислоты и щелочи. Что наблюдаете? Как объяснить наблюдаемые явления?

Инструкция к лабораторной работе 2

Цель: изучение свойств полистирола.

1. Рассмотрите образец полистирола (крошка). Обратите внимание на окраску. Отметьте: а) агрегатное состояние; б) цвет; в) прозрачность; г) прочность.

2. Слегка нагрейте в металлической ложечке кусочек полистирола. Что наблюдаете? Стеклой палочкой измените форму размягченного полистирола и опустите в пробирку с холодной водой. Появление какого свойства пластмасс вы наблюдаете?

3. Кусочки полистирола поместите в пробирки с растворителями: бензола, ацетона (или дихлорэтана). Что наблюдаете?

Инструкция к лабораторной работе 3

Цель: изучение свойств поливинилхлорида.

1. Рассмотрите образец поливинилхлорида (кусочки изоляционной трубки). Отметьте: а) агрегатное состояние; б) цвет; в) прозрачность; г) прочность.

2. Нагрейте стеклянную палочку и поднесите к кусочку поливинилхлорида. Что наблюдаете?

3. Нагрейте в пробирке кусочек поливинилхлорида, поднесите к отверстию пробирки влажную лакмусовую бумажку. Отметьте, что наблюдаете, какой вывод можно сделать.

4. Поместите кусочки поливинилхлорида в раствор бромной воды, раствор перманганата калия, в концентрированные растворы серной кислоты и щелочи. Что наблюдаете? Какой вывод можно сделать о химической стойкости вещества?

В случае, если учитель располагает временем на изучение полимеров, можно провести практическое занятие по распознаванию полимерных материалов. Цель урока — закрепление знаний учащихся о свойствах изученных полимеров, приобретение практических умений в их распознавании.

Общее задание:

- пользуясь справочными таблицами, выполните работу;
- результаты работы оформите в следующей таблице:

| Исследуемые пластмассы, волокна (название, мономер, структурное звено) | Ход анализа | | | Выводы, замечания |
|--|-------------|------------------------|-----------------------|-------------------|
| | Горение | Отношение к нагреванию | Действие растворителя | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | |

Задания

1. Вам даны образцы пластмасс: полиэтилена и полистирола. Определите, под каким номером находится какая пластмасса.

2. Вам даны образцы пластмасс: полиэтилена и поливинилхлорида. Определите, под каким номером находится какая пластмасса.

3. Вам даны образцы пластмасс: полипропилена и мочевиноформальдегидной пластмассы. Определите, под каким номером находится какая пластмасса.

4. Вам даны образцы пластмасс: полиэтилена и капрона. Определите, под каким номером находится какая пластмасса.

5. Вам даны образцы пластмасс: органического стекла и полистирола. Определите, под каким номером находится какая пластмасса.

6. Вам даны образцы пластмасс: полиэтилена и полихлоропренового каучука. Определите, под каким номером находится какой полимер.

Аналогичные задания можно предложить и по распознаванию волокон:

1. Даны образцы капрона и лавсана. Определите опытным путем каждое волокно.

2. Даны образцы хлопка и шерсти. Определите опытным путем каждое волокно.

3. Даны образцы ацетатного волокна и нитрона. Определите опытным путем каждое волокно.

4. Даны образцы полипропиленового волокна и шерсти. Определите опытным путем каждое волокно.

5. Даны образцы вискозного волокна и шерсти. Определите опытным путем каждое волокно.

6. Даны образцы хлопка и лавсана. Определите опытным путем каждое волокно.

В ходе работы учащиеся пользуются справочными таблицами, например даем таблицу 2.

Обобщение знаний о высокомолекулярных соединениях

| Ход анализа | Полиэтилен | Поливинилхлорид | Полистирол | Фенол-формальдегидная смола | Полиметил-метакрилат |
|---------------------------|----------------------------------|--|---|--|---|
| 1. Внешний вид | | | | | |
| а) агрегатное состояние | Твердое вещество | Твердое вещество | Твердое вещество | Твердое вещество | Твердое вещество |
| б) цвет | Белый | Белый | Белый, желтый, прозрачный | Черный, темнокоричневый | Легко окрашивается во все цвета |
| в) прозрачность | Прозрачный, жирный на ощупь | Пластикат прозрачный | Прозрачный | Не прозрачный | Высокая оптическая прозрачность |
| г) прочность | Прочный | Винипласт обладает высокой механической прочностью, особенно к ударным нагрузкам | Прочный механически и химически | Механическая прочность | Малая прочность |
| 2. Строение макромолекулы | | | | | |
| а) мономер | $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ | $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{Cl}$ | $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$ | $\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$; $\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ | $\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_3$ |
| б) элементарное звено | $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)$ | $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-)$ | $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-)$ | $(-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-)$ | $(-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_3)-)$ |

| Ход анализа | Полиэтилен | Поливинилхлорид | Полистирол | Фенол-формальдегидная смола | Полиметилметакрилат |
|---|---|---|--|---|---|
| 3. Свойства полимера | | | | | |
| а) диэлектрические свойства | + | + | + | + | + |
| б) действие растворителя | Не растворяется при комнатной температуре | Не растворяется | Растворяется в бензоле, дихлорате | Не растворяется | Растворяется в бензоле, ацетоне, дихлорэтаноле |
| в) клеящая способность | — | — | — | — | — |
| г) отношение к нагреванию | Размягчается, можно вытянуть нити | Размягчается при 60–70°C, при 110–120°C разлагается | Размягчается, легко вытягивается в нити | Отсутствует термостойкость | Размягчается |
| д) горение | Горит синеватым пламенем, вне пламени горит продолжительно | Горит коптящим пламенем, вне пламени не горит | Медленно горит коптящим пламенем, выделяя специфический запах, горит вне пламени | Вне пламени не горит, не воспламеняется, выделяется резкий запах | Горит желтым пламенем с синей каймой по краям, с характерным потрескиванием, резким запахом |
| е) действие кислот, щелочей, перманганата калия, бромной воды | Химически стойек, продукты разложения обесцвечивают раствор перманганата калия и бромной воды | Химически стойек, выделяющийся при разложении хлористый водород окисляет лакмусовую бумагу в красный цвет, обнаруживается раствором | Частично растворяется только в азотной кислоте | С разбавленными кислотами не взаимодействует, но в концентрированных растворах разрушается, деполимеризуется, номер обесцвечивает раствор перманганата калия и бромной воды | Химически стойек, мономер обесцвечивает раствор перманганата калия и бромной воды, деполимеризуется |

| Ход анализа | Полиэтилен | Поливинилхлорид | Полистирол | Фенол-формальдегидная смола | Полиметилметакрилат |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| ж) практически важные свойства | Диэлектрические свойства, водо- и газонепроницаемость, термопластичность, химическая стойкость | Диэлектрические свойства, термопластичность, химическая стойкость | Термопластичность, механическая прочность, диэлектрические свойства | Механическая прочность, не воспламеняется, отсутствие термопластичности, диэлектрические свойства | Высокая оптическая прозрачность, термопластичность, диэлектрические свойства |
| 4. Применение в строительстве | Изоляция электропроводов и кабелей, водопроводные трубы, различные строительные детали | Винипласт — изготовление труб, листов, пластин, стержней, плит, стойкие к ударным нагрузкам, аккумуляторы для изолятрубки для изоляции электропроводки; пластик — основная изоляция монтажных проводов, гибкие изоляционные трубки, линолеум, отделочные материалы, лаки, краски и т. д. | Изготавливают каркасы катушек, изоляционные панели и изоляторы для электроизмерительных приборов, трубы, аккумуляторные баки, пенопласт/перегородки при строительстве домов, облицовочные плитки, дверные ручки, тепло- и звукоизоляционные пороплаты, лаки, эмали | Бакелитовые лаки, слоистые электроизоляционные материалы — гетинакс, текстолит, стеклотекстолит, основания и крышки выключателей, патронов, кнопки, рукоятки и т. д. | Строительный материал |

4.2. Формы и методы использования краеведческого аспекта в заданиях с производственным содержанием по химии. Методика проведения экскурсии на химическое производство

Большое значение имеет использование краеведческих сведений о природных ресурсах Астраханской области, изучении перспектив их использования. Здесь надо отметить объекты природы: поваренная соль, сера, нефть, песок, глина, кварц.

Астраханская область богата строительным песком, глинами и глинистыми минералами; суглинки Бэровских бугров являются материалами для производства кирпича и различных керамических изделий. Найдены залежи минеральных красок (тонко измельченных глин). В западных окрестностях озера Баскунчак выявлены месторождения гипса. Известны месторождения известняка, опоки, галита и т. д. ОАО «Бассоль» производит до 2 млн т соли в год. Почти во всех районах области выявлено большое количество месторождений и проявлений общераспространенных полезных ископаемых: кирпичные и керамзитовые глины, пески силикатные, стекольные и строительные.

Основными богатствами недр Астраханской области являются газ и нефть. Ресурсы углеводородного сырья месторождений на суше составляют 130 млн т нефти, 7500 млрд м³ газа и 1200 млн т газового конденсата. Только по газу в Астраханской области сконцентрировано около 90% всех запасов Южного федерального округа, при этом степень выработанности месторождений — чуть более 3%. В состав газоконденсата входят метан, сероводород (до 26%), сера меркаптановая, углекислый газ и легкая нефть, называемая конденсатом (образуется в результате конденсации, т. е. превращения паров нефти в жидкость).

Основными минеральными и энергетическими видами ресурсов на территории Астраханской области являются: газ, конденсат, нефть, сера, соль, бром, гипс, песок, минеральные воды и лечебные грязи, которые ждут своего детального изучения и освоения [109].

Разработка системы содержания прикладных знаний в школьном курсе химии — задача ближайшего будущего. Но уже сейчас можно усилить его прикладную направленность за счет установления смысловой связи теоретического материала с уже имеющимся в учебниках прикладным, ориентируясь на условную систему приклад-

ных знаний, химические задачи и эксперимент прикладного характера [92]. Учитель химии, имея в своем арсенале сведения о минеральных богатствах, может составлять задания с производственным содержанием, приведя их в соответствии с требованиями контрольно-измерительных материалов ОГЭ и ЕГЭ.

С целью привлечения внимания обучающихся к изучению проблемы химических производств предлагаем использовать метод анализа конкретной ситуации. В данном случае предусматривается изучение учебного материала посредством решения практико-ориентированных заданий (кейс-заданий, заданий-ситуаций). Комплект заданий представлен в форме кейса (пакет материалов для изучения), он содержит определенные учебные тексты, вопросы к ним, рекомендации по изучению текстов, инструкции к лабораторным опытам, адреса образовательных сайтов, видеофильмы или интернет-адреса данных кинофильмов и других информационных источников. Задания могут даваться в электронном виде. Работа может проходить индивидуально или в небольших группах (2–4 чел.). Обучающиеся учатся находить решения, обмениваться мнениями с другими, применять свои знания и расширять их, так же как и аргументировать свою стратегию решения по отношению к другим. В активной совместной деятельности происходит выявление проблем, поиск альтернативных решений и принятие оптимального решения проблемы. Роль преподавателя — координирующая, он модератор занятия [54; 63; 72; 73].

Используя метод анализа конкретной ситуации, можно подготовить несколько текстов (с выходом на некоторые материалы сайта Министерства промышленности, транспорта и природных ресурсов Астраханской области <https://mptpr.astrobl.ru/node>) по числу микрогрупп в ученическом коллективе. Основная цель такой работы: ознакомление с богатствами области, пропедевтическая профориентация, формирование умений анализировать тексты, формулировать суждения о возможностях промышленных химических предприятий, прогноз на будущее.

Текст 1

<https://mptpr.astrobl.ru/site-page/geologicheskoe-stroenie>

Общие сведения об Астраханской области как объекте недропользования

Астраханская область расположена в европейской части Российской Федерации в пределах Южного Федерального округа. На восто-

ке граничит с республикой Казахстан, на северо-западе — с Волгоградской областью, на западе — с республикой Калмыкия. Область имеет статус пограничного района с выходом в Каспийское море и к прикаспийским государствам. Территория области приурочена к юго-западной части Прикаспийской низменности Восточно-Европейской равнины.

Для области характерно региональное погружение рельефа земной поверхности относительно уровня мирового океана от 20–25 м на севере до 27 м на юге. Формирование рельефа и типов ландшафтов в значительной степени связано с историческими изменениями уровня Каспийского моря. Территория представляет собой дельтовую аллювиально-морскую равнину голоценового возраста, заболоченную, изрезанную сетью ериков, рукавов и протоков, связанных с Волжскими водами. В половодье обычно заливается водой. Центральную часть территории области занимают Волго-Ахтубинская пойма и дельта Волги.

Климат в регионе резко континентальный, для которого характерны большие годовые и суточные колебания температуры воздуха. Лето жаркое, сухое. Осень наступает в конце второй — начале третьей декады сентября. Зимы малоснежные, сопровождаются оттепелями и дождями.

Наиболее сильные ветры бывают зимой и весной. Направление ветров в годовом ходе изменчиво, но преобладают ветры восточных направлений. Сильные восточные ветры весеннего и летнего периодов — жаркие, сухие и вызывают быстрое иссушение почвы.

По количеству выпадающих осадков область относится к типу засушливых.

В геологическом отношении территория области расположена в пределах двух крупных разновозрастных тектонических элементов: юго-западной части Прикаспийской впадины (на севере) и кряжа Карпинского (на юге). Весь ход геологического развития недр указанных территорий обусловил формирование различных по возрасту, толщине и литофациальному составу платформенных отложений и связанных с ними полезных ископаемых.

К числу важнейших полезных ископаемых области относятся нефть, природный газ, газовый конденсат, сера, поваренная соль, подземные пресные и минеральные воды, в том числе йодо- и бром-содержащие. Область располагает сырьевой базой для производства строительных материалов.

Текст 2

<https://mptpr.astrobl.ru/site-page/mineralno-syrevaya-baza>

Минерально-сырьевая база

Полезные ископаемые и минеральные ресурсы в комплексе составляют минерально-сырьевую базу нашей территории и во многом определяют экономический потенциал области.

К настоящему времени на территории области открыт ряд месторождений природного газа и конденсата, нефти, поваренной соли, гипса, минеральных вод, лечебных грязей и других полезных ископаемых.

Важное значение имеют задания по изучению истории химических производств. В случае применения технологий дистанционного обучения следует обратить внимание на создание качественного контента, так как самостоятельная работа может быть эффективна только при методически качественных его элементах. Телеканалом «Культура» из серии «Жизнь замечательных идей» подготовлены фильмы по различным разделам науки, в частности по химии. Например, фильм «Тринадцатый элемент» (24.ZhZi_Trinadcatyi_ehlement-02.11.2011) посвящен истории производства алюминия. Сюжет фильма построен на постоянном сравнении жизненного пути двух ученых — П. Эру и Ч. Холла. Обучающиеся имеют возможность познакомиться с историей развития науки, расширить свои представления о масштабности научных открытий, обратить внимание на основные понятия химической технологии. По окончании просмотра им предлагается сделать отзыв, написать эссе, составить технологическую схему производства и т. д.

Сложность учебного материала, а также отсутствие системного изучения химико-технологических знаний обуславливает поиск наиболее эффективных технологий обучения. Процесс обучения разрабатываем исходя из общей естественнонаучной подготовленности учащихся. Сообщаем учащимся основные принципы обучения:

- *максимальной направленности на успешность обучения каждого;*
- *работа в парах сочетается с работой индивидуальной и групповой;*
- *сочетания парного обучения и обсуждения результатов выполненных заданий в паре (группе);*
- *всестороннего само- и взаимоконтроля и обратной связи.*

Данным принципам соответствует технология парного обучения, в основе которой организация и управление познавательной дея-

тельностью учащихся по освоению новых знаний, создание комфортных условий для активной позиции обучающихся и обучаемых. Все работают на получение результата с максимальной экономией времени и усилий. На уроке происходят детальная проработка предметных знаний и оперативное исправление ошибок в ходе индивидуальных разъяснений, а в случае необходимости даются микролекции. На каждом столе лежат алгоритмы деятельности, карточки-задания, листы учета само- и взаимоконтроля, эталоны ответов на первые задания карточек, справочные таблицы, «умные подсказки». Предлагаемая работа в парах проходит по определенному алгоритму.

1. Возьмите карточку с заданиями, изучите условие первого задания и выполните его в своей тетради (в случае затруднения получите консультацию у ассистента или учителя).

2. Обменяйтесь карточкой с партнером и выполните его первое задание. Проверьте выполненные вами первые задания.

3. Выполните задание 2, обдумайте свой ответ, сделайте записи у себя в тетради.

4. Осуществите само- и взаимопроверку.

6. Закончив работу в паре, поблагодарите, друг друга за работу, отметьте результат в листке учета.

7. Смените партнера в паре и получите карточку 3 или 4.

В заданиях можно указывать страницы учебника, абзац текста для изучения. Наибольший эффект получаем в том случае, если учащиеся заранее узнают о теме и могут самостоятельно найти краеведческий материал, сведения о производствах, в которых получают или используют изучаемые вещества. Они учатся работать с различными источниками [1; 3]. Примеры карточек даны ниже. Например, работа по учебнику Е. Е. Минченкова [80, с. 169–175] в ходе парного обучения проходит следующим образом.

Карточки для парного изучения темы «Соединения серы»

| Карточка № 1 | Карточка № 2 |
|---|---|
| <p><i>Задание 1 (для ввода)</i> Запишите химическую формулу сернистого газа. Назовите его технологическую роль при получении из серы и применении для борьбы с микроорганизмами. Как можно получить оксид серы (IV)? Напишите уравнение этой реакции. Определите тип химической реакции</p> | <p><i>Задание 1 (для ввода)</i> Запишите химическую формулу триоксида серы. Назовите его технологическую роль в промышленном получении серной кислоты. Как получают оксид серы (VI)? Напишите уравнение этой реакции. Определите тип химической реакции</p> |

| Карточка № 1 | Карточка № 2 |
|--|---|
| <p><i>Задание 2 (для само- и взаимопроверки)</i> Что является сырьем в производстве оксида серы (VI)? Попробуйте объединить обе реакции, сделайте вывод и предложите условия протекания реакций</p> | <p><i>Задание 2 (для само- и взаимопроверки)</i> Что является сырьем в производстве оксида серы (IV)? Какой продукт можно получить при взаимодействии оксида серы (VI) с избытком воды? Определите особенности протекания данной реакции</p> |
| Карточка № 3 | Карточка № 4 |
| <p><i>Задание 1 (для ввода)</i> Изучите § 31, абзац 2 (с. 170), промышленный способ производства серной кислоты. Составьте уравнения химических реакций</p> | <p><i>Задание 1 (для ввода)</i> Изучите § 31, абзац 4 (с. 170), промышленный способ производства серной кислоты. Найдите ответ на вопрос о роли катализатора во второй химической реакции</p> |
| <p><i>Задание 2 (для само- и взаимопроверки).</i> Выполните упражнение 3 (с. 175). Реакция между оксидом серы (IV) и кислородом обратима. Какие нужно создать условия, чтобы равновесие сместить вправо? Объясните ваше решение</p> | <p><i>Задание 2 (для само- и взаимопроверки).</i> Выполните упражнение 2 (с. 175). На некоторых химических заводах сырьем для получения серной кислоты служит простое вещество — сера. Составьте уравнения химических реакций, лежащих в основе такого производства серной кислоты</p> |

Работа в парах с целью изучения стадий в производстве серной кислоты.

Тема: «Соединения серы. Серная кислота»

| Карточка № 1 | Карточка № 2 |
|---|--|
| <p><i>Задание 1 (для ввода)</i> Изучите § 31, абзац 2 (с. 170), промышленный способ производства серной кислоты. Составьте уравнения химических реакций</p> | <p><i>Задание 1 (для ввода)</i> Изучите § 31, абзац 4 (с. 170), промышленный способ производства серной кислоты. Найдите ответ на вопрос о роли катализатора во второй химической реакции</p> |
| <p><i>Задание 2 (для само- и взаимопроверки)</i> Выполните упражнение 3 (с. 175). Реакция между оксидом серы (IV) и кислородом обратима. Какие нужно создать условия, чтобы равновесие сместить вправо? Объясните Ваше решение</p> | <p><i>Задание 2 (для само- и взаимопроверки)</i> Выполните упражнение 2 (с. 175). На некоторых химических заводах сырьем для получения серной кислоты служит простое вещество — сера. Составьте уравнения химических реакций, лежащих в основе такого производства серной кислоты</p> |

| Карточка № 3 | Карточка № 4 |
|--|---|
| <p><i>Задание 1 (для ввода)</i> Верны ли следующие суждения о производстве серной кислоты? А. В промышленности серную кислоту получают из глауберовой соли. Б. Реакция окисления оксида серы (IV) в оксид серы (VI) является экзотермической. 1) верно только А; 2) верно только Б; 3) верны оба суждения; 4) оба суждения неверны</p> | <p><i>Задание 1 (для ввода)</i> В контактном аппарате протекает реакция: 1) обжига пирита; 2) гидратации оксида серы (IV); 3) гидратации оксида серы (VI); 4) окисления оксида серы (IV) до оксида серы (VI)</p> |
| <p><i>Задание 2 (для само- и взаимопроверки)</i> При производстве серной кислоты на стадии окисления SO_2 для увеличения выхода продукта: 1) повышают концентрацию кислорода; 2) понижают давление; 3) увеличивают температуру; 4) вводят катализатор</p> | <p><i>Задание 2 (для само- и взаимопроверки)</i> В поглотительной башне происходит процесс: 1) поглощения оксида серы (VI) водой; 2) окисления оксида серы (IV) до оксида серы (VI); 3) поглощения оксида серы (VI) концентрированной серной кислотой; 4) поглощения оксида серы (IV) концентрированной серной кислотой</p> |

Используя задания ОГЭ и ЕГЭ по химии, проверяем знания, полученные в ходе парной работы. Завершение обучения можно провести в форме обсуждения результатов, общего обзора выполненной работы (показать результат на экран и обсудить) или остановиться только на сложных моментах заданий и помочь исправить ошибки (помощь оказывает не только учитель, но и хорошо подготовленные учащиеся). Желаящим можно предложить варианты заданий на дом. Формирование системы химико-технологических знаний — процесс длительный, требующий большого внимания к подбору заданий и соответствующей организации занятий. Результаты последних трех лет обучения говорят об эффективности использования парной технологии обучения в подготовке учащихся к государственной итоговой аттестации.

Таким образом, постепенно у учащихся формируется система химических знаний, неразрывно связанная с химико-техно-экологическими знаниями и умениями. Изучение химических производств — необходимый компонент в изучении химии, так как позволяет реализовать принципы практической значимости, экологичности и профилирования.

Методика проведения экскурсии на химическое производство

Рассматривая систему внеурочной работы, необходимо выделить субъекты этой деятельности и область образовательно-воспитательного пространства (ОВП), в которой сотрудничают педагог и ученик. Определение области ОВП зависит от многих факторов, в первую очередь от личности педагога; затем от материальной оснащенности школьного кабинета; значительным фактором является сам ученик, его мотивационно-потребностная сфера. Состояние науки в мире и России определяет также возможные интеллектуальные ориентиры в выборе направлений внеурочных работ в отдельно взятой школе, или деятельность конкретного ученика.

Новый этап в использовании регионального компонента общеобразовательной подготовки учащихся отмечен в монографии К. Е. Егоровой на примере преподавания школьного курса химии [35]. Но тем не менее можно рекомендовать универсальность рассмотренных автором аспектов, к которым относятся: содержательный, характеризующий объем и базового компонентов; время, отводимое на изучение отдельных разделов и тем и т. д.; качественный, характеризующий уровень усвоения учебного материала, уровень знаний, умений и навыков, учащихся по каждой теме, входящей в региональный компонент образования.

Применение регионального материала способствует формированию правильных представлений об объектах, предметах и явлениях, помогает показать практическое значение теоретических знаний, развивает самостоятельность в приобретении знаний, активизирует познавательную активность учащихся.

Современные школьные программы дают возможность широкого использования краеведческого материала во всех темах школьных дисциплин. С целью успешного применения принципа краеведения необходимо продумать систему работы на уровне учителя или даже всего педагогического коллектива в ходе учебной и внеучебной деятельности. Для этого каждый учитель анализирует содержание учебной программы с точки зрения применения регионального компонента, разрабатывает тематическое планирование, составляет информационные карты-схемы, продумывает систему форм и методов использования краеведческого материала.

Реализация краеведческого принципа возможна посредством: изучения своего края в ходе экскурсий, наблюдений, выполнения научных исследований; использования накопленного материала на уро-

ках и во внеурочное время в различных видах познавательной деятельности.

Основное внимание уделяется анализу учебного и регионального содержания материала. Оно должно соответствовать следующим требованиям:

- новая информация не должна преобладать над опорными знаниями;
- отобранный материал должен быть для учащихся значимым;
- в информации отражается взаимосвязь краеведения, экологии и химии;
- учебный материал должен содержать в себе проблему, которая фактически становится основой эксперимента.

Предлагаемая система обучения на основе регионального компонента реализуется на лекционных и лабораторно-практических занятиях по методике обучения урокам биологии, химии, физики, географии. Химия и физика дают учащимся комплекс политехнических знаний, научные основы и принципы современного производства. Школьники узнают о характере производства, его воздействии на окружающую среду и т. д. Биология и география способствуют познанию территории родного края, комплексному физико- и экономико-географическому изучению, рисуют детям картину экологического состояния современного мира растений, животных, всей окружающей среды.

В настоящее время как никогда актуальна проблема воспитания учащихся в ходе внеурочной работы. Особенно в регионе, достаточно химическом, таком как Астраханский край. Он уникален по своей природной значимости для нашей Родины. В последние двадцать лет активно ведутся нефтегазоразработки, постоянно расширяется сеть нефтегазоперерабатывающей промышленности. Так или иначе, региональная проблема — экология края — становится учебной проблемой [16; 17; 68; 78].

Роль местного производственного материала в политехнической подготовке учащихся несомненна. В связи с этим необходимо обратить внимание на проблему подбора местных объектов с целью изучения химических процессов, получения или применения веществ. К таким объектам можно отнести предприятия отраслей химической промышленности, металлургические предприятия, машиностроительные и судостроительные и др.

Процесс усвоения учащимися краеведческого материала является длительным и сложным, требующим реализации всесторонних

межпредметных связей. Учитель (студент) должен хорошо ориентироваться в применении краеведческого подхода при изучении всех естественных дисциплин.

Рассмотрим возможные варианты использования краеведческого материала при изучении химии в ходе внеурочной работы.

При ознакомлении учащихся с предметом химии и задачами химической науки (7 и 8 классы) мы привлекаем краеведческий материал, данные о производствах. Учащиеся узнают о таких полезных ископаемых, как: углеводородное сырье (нефть, газ, конденсат), сера, поваренная соль, строительные материалы (гипс, глины, суглинки, песок, известняк, опоки, термолит), минеральные и лечебные грязи и т. д. Большое внимание следует уделить изучению лечебных грязей Астраханской области, в частности составу соляных озер, рапы, сероводородного ила. Учащиеся знакомятся с физическими свойствами лечебных грязей и с видами их воздействия на человека. Уже с первых уроков химии учащиеся видят практическую направленность преподавания. Это проявляется не только в результатах экскурсий, например в аптеку или химическую лабораторию (хлебозавода или кондитерской фабрики и т. п.), но и при выполнении таких работ, как: «Очистка поваренной соли», «Приготовление растворов», «Анализ почвы, природной воды, снега». Учащиеся убеждаются, что вода, взятая из разных источников, имеет разный состав примесей (они изучают состав остатка после выпаривания); далее активно может пройти обсуждение использования соды для приготовления лекарственных форм, роли воды на конкретном предприятии. Уместно затронуть вопрос по очистке сточных вод, познакомить учащихся с работой очистных сооружений в тепличных хозяйствах, с проведением анализа воды на содержание кислорода, взвешенных частиц, ионов хлора, сульфат- и сульфид-ионов и т. д. С большим удовольствием и пониманием учащиеся 8–9 классов выполняют творческие работы: рисунки, поиск «химических веществ» в окружающей среде, например они приносят этикетки от шоколадок, больших конфет, жевательных резинок, зубных паст и др. Учащиеся изучают химический состав потребляемых продуктов, делают первые предположения о возможных последствиях усвоения. Обсуждение принесенных предметов порой откладывается на конец учебного года, когда учащиеся самостоятельно могут провести химический и литературный анализ. С учащимися 9 класса необходимо осваивать основы управления химическими процессами: металлургическими процессами, производства стекла, строительных изделий. Так, на металлургических предприятиях (тепловозо-ремонтном заводе, многих судостроительных заво-

дах) имеются цеха по выплавке сплавов, электрогальваники. Учащиеся могут получить представления о сырье, продукте, технологии. Углубляются знания о понятиях «вещество», «химическая реакция», «скорость химических реакций», «технологические принципы» и др. **Цель экскурсии в кислородный цех** может заключаться в ознакомлении с превращением газообразных веществ в жидкое состояние методом глубокого охлаждения и последующего разделения жидкой смеси на основе разных температур кипения (здесь применяются знания физики и химии, изучение свойств жидкого кислорода). Посещая гальванический и литейный цеха, учащиеся знакомятся с профессиями гальваника, литейщика, изучают различные виды гальванических покрытий, способы защиты химической аппаратуры от коррозии. На заводе строительных материалов изучают технологию производства кирпича, цемента, бетона. Учащиеся знакомятся с основными технологическими процессами: измельчение, дробление, смешивание с водой, корректировка, спекание, охлаждение. В ходе изучения сырья мы используем краеведческий материал, сообщаем, что в Ахтубинском районе имеется крупное месторождение гипса, в 1996 г. предприятием «Минерал» добыто 260 тыс. т гипса. В недрах Астраханской области обнаружено 5 месторождений керамзитового и 28 месторождений кирпично-черепичного сырья.

Изучая сырье, следует повторить состав, химические свойства основных его компонентов, найти сведения о получении. Большое внимание уделяется средствам наглядности: коллекциям, схемам производства, опорным конспектам.

Любой экскурсии предшествует большая подготовительная работа с учащимися. В случае экскурсии на завод ОАО «Астраханское стекловолокно» им дается задание — повторить состав и физические свойства стекла, его производство, применение. Отдельным группам учащихся можно рекомендовать выполнение учебных проектов: «Сырье, подготовка и поступление в цех электропечей», «Процесс прядения волокон, их склеивание и поступление в шпулечный цех», «Подготовка основы ткани», «Ткацкий цех», «Процесс размотки стеклонитей и поступление их в крутильный цех», «Технология производства стеклоткани», «Проблема утилизации производственных отходов», «Общие принципы производства».

Учащиеся оформляют отчеты-сообщения, выступают на конференциях в школе и в районе, возможно изготовление стенда «Использование сырья и готовой продукции завода», выпуск бюллетеня «Лучшие люди завода». Экскурсию на завод можно организовать параллельно с посещением учебного заведения — профессионального

лица, колледжа. Так, например, в профессиональном лицее № 17 при заводе ОАО «Астраханское стекловолокно» имеется музей, в котором размещены фотопанорамы завода, цехов, альбомы с фотографиями, рассказывающими о людях, работающих на заводе.



Специальный раздел отведен народному творчеству учащихся. Все это ориентирует ребят на соответствующие профессии. Таким образом, в ходе экскурсии учащиеся получают не только познавательный, но и большой воспитательный заряд, позволяющий увидеть труд и профессиональные умения современного рабочего. Учащиеся получают представления о различных профессиях, убеждаются в необходимости приобретения политехнических знаний и умений, повышения компьютерной грамотности.

Представленные формы и методы использования краеведческого материала в воспитании учащихся усиливают процесс стимулирования познавательной активности учащихся, акцент делается на развитие творческих задатков и формирование у них научного мышления.

Выполнение такой работы позволяет максимально приблизить обучение к жизни, адаптировать учащихся к новым социально-экономическим условиям жизнедеятельности человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Химическое образование занимает одно из ведущих мест в системе общего образования, что определяется безусловной практической значимостью химии, ее возможностями в познании основных методов изучения природы, фундаментальных научных теорий и закономерностей.

Возникновение данной темы определяется требованиями ФГОС на разных ступенях обучения. Первая ступень — это основная школа — изучение химии уже базируется на знаниях строения атома, Периодического закона, химической связи, но цель — изучение веществ и их превращений. Вторая — средняя школа — более обоснованное восприятие и обобщение ранее приобретенных и новых знаний по предмету, введение химико-технологических заданий в итоговые тестирования в средней школе. Третья ступень — приобретение химических знаний в вузе, так как идет обсуждение методики изучения химических производств на уровне школы и с выходом на вузовское образование, то на занятиях методики преподавания химии так или иначе выявляется степень обученности студентов в данной области знаний.

Изучение педагогического опыта позволило сделать вывод о том, что целесообразно выносить изучение химических производств в отдельную тему и в конце учебного года (в 9–11 классах), что имеет ряд преимуществ:

- комплексное одновременное знакомство с основными вопросами технологии химических производств;
- повторение и обобщение знаний по вопросам получения и химических свойств веществ, химической кинетики;
- профориентация и понимание глобальных проблем (экологических, энергетических и сырьевых), стоящих перед человечеством.

На протяжении ряда лет мы изучаем проблему сформированности у обучающихся химико-технологических знаний и умений к моменту изучения курсов «Методика преподавания химии» (IV курс), «Методика и методология преподавания химии в средней и высшей школе» (магистранты программы «Химическое образование»), «Методика преподавания химии в высшей школе» (магистранты программы «Зеленая химия»). Анализ педагогического опыта в области формирования первоначальных знаний о химическом производстве у обучающихся 9–11 классов средней школы, первого курса техникумов, колледжей позволяет сделать вывод об отсутствии целостных и системных химико-технологических знаний и умений. Большие трудности преподаватели

химии всех уровней обучения испытывают в ходе подготовки обучающихся к основному и единому государственному экзаменам.

В условиях сокращения времени на изучение химии в школе многие преподаватели не обращают должного внимания на рассмотрение особенностей химических производств и профессиональную ориентацию учащихся, что, в свою очередь, приводит к уменьшению числа абитуриентов на химические специальности.

Химико-технологические понятия целесообразно формировать в рамках реализации задач экологического обучения и воспитания при формировании химико-экологической компетентности [2] обучающихся. Подобный комплексный подход позволяет повысить эффективность образовательного процесса в учебном заведении и реализовать интеграцию формируемых понятий, создать целостную картину реальной действительности.

Базисом для формирования химико-технологических понятий на начальном этапе изучения химии является постулат: «Вещество в химической технологии может быть и сырьем, и полупродуктом, и промежуточным продуктом, а также и готовой продукцией; оно может быть экологически и нейтральным, и загрязняющим химическим соединением, отрицательно воздействующим на окружающую среду».

Тем не менее современный уровень компьютеризации образования, необходимость постоянного повышения собственного уровня педагогической и предметной квалификации способствуют поиску и использованию инновационных форм и методов обучения.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Опорные конспекты по химическим производствам (педагогический опыт) из опыта работы Н. А. Гневиной — народного учителя России, МБОУ г. Астрахани «СОШ № 39»

1. Чугун.

1. ЧУГУН – сплав Fe – 9,3 %, С до 4,5 %, Si – 0,5-2 %, Mn – 1-3 %; S – 0,005 %;
P – 0,002-2,5 %

Белый (переделный)

Содержит углерод
в виде Fe₃C (цементита)

на переработку в сталь

Серый (литейный)

Содержит углерод
в виде графита

тяжелые части машин

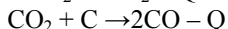
плиты
маховики

2. Исходные материалы:

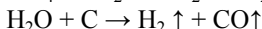
- а) руда: Fe₂O₃; Fe₃O₄; Fe₂O₃ · 3H₂O;
- б) кокс — С (источник Q и для получения восстановителя);
- в) флюсы — CaCO₃ (переводят пустую породу в шлак).

3. Химизм доменного процесса:

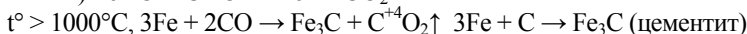
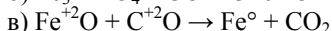
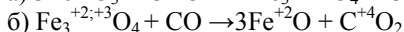
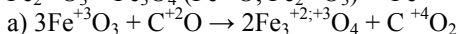
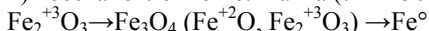
1) получение восстановителя:



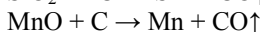
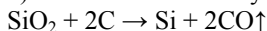
Увеличение ф восстановителя: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Q}$



2) восстановление Fe: шахта ($t^{\circ} = 450-1000^{\circ}\text{C}$)

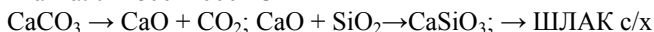


3) восстановление сопутствующих элементов: $t > 1000^{\circ}\text{C}$, шахта.

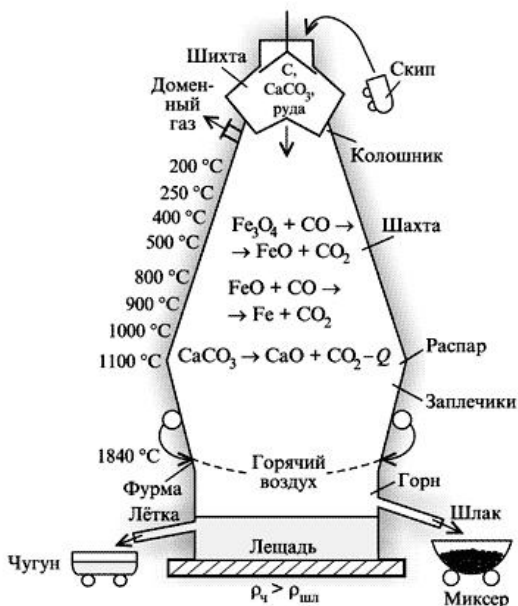
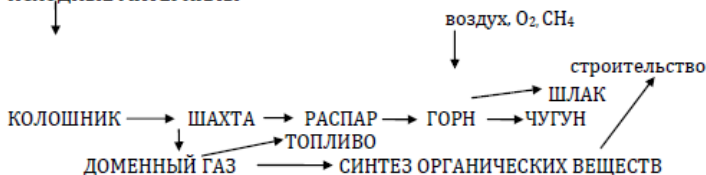


4. Удаление пустой породы (SiO₂, Al₂O₃ и т. д.).

Шахта: $t^{\circ} = 800-1000^{\circ}\text{C}$



ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

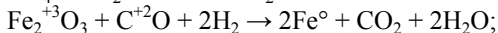
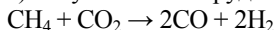


5. Научные принципы производства:

- 1) непрерывность процесса;
- 2) оптимальные условия процесса: $> t^\circ$, $> \omega$ восстановителей, увеличение площади соприкосновения реагирующих веществ;
- 3) противоток;
- 4) теплообмен;
- 5) механизация;
- 6) автоматизация;
- 7) охрана окружающей среды.

6. Современные тенденции черной металлургии:

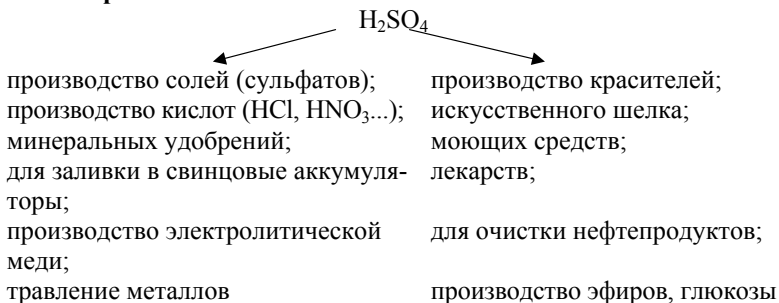
а) получение Fe из руд методом прямого восстановления:



б) меньше затраты кокса, лучше сталь, снижение t° процесса до 850° , нет загрязнения окружающей среды.

Производство серной кислоты контактным способом

1. Применение.

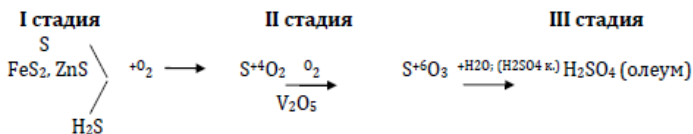


2. Сырье для производства H_2SO_4 :

- FeS_2 (пирит);
- S (самородная);
- H_2S ;
- $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (водный гипс);
- Cu_2S , ZnS , PbS , HgS , SO_2^{+02} (цветная металлургия).

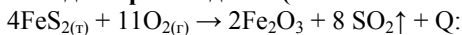
Общие научные принципы производства: обогащение сырья, комплексное использование сырья, кооперирование производств, вторичные минеральные ресурсы.

3. Химическая технология производства.



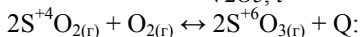
4. Научные основы химических реакций

1 стадия производства (печь обжига в «кипящем слое»):



- а) необратимая;
- б) гетерогенная (сырье: 2 мм);
- в) «кипящий слой», воздух, обогащенный кислородом (Р);
- г) оптимальная температура: $800\text{--}850^\circ\text{C}$;
- д) 2 «кипящих слоя»: Fe_2O_3 (Cu), Zn, Pb, Co, Cd, Ag, Au.

2 стадия производства (контактный аппарат):



а) обратимая;

б) гомогенная;

в) каталитическая (V_2O_5 , Pt);

г) прямая:

– экзотермическая;

– с уменьшением V и давления.

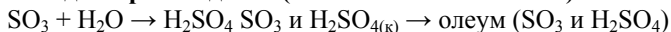
Оптимальные условия:

– $t^\circ = 400\text{--}450^\circ\text{C}$;

– чередование катализатора с трубами теплообменника (кислые газы);

– двойное контактирование и промежуточная адсорбция SO_3 .

3 стадия производства (поглотительная башня):



серный ($\omega=2\%$) серная кислота

ангидрид

5. Научные принципы производства:

а) механизация и автоматизация производства;

б) «кипящий слой»;

в) непрерывность процесса;

г) теплообмен, теплопередача;

д) противоток $\uparrow\downarrow$;

е) двойное контактирование;

ж) экологические основы производства.

6. Перспективы производства:

1) увеличение объема производства;

2) реакторы большой мощности (печь обжига: 300 тыс. т в год);

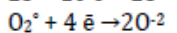
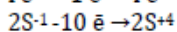
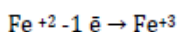
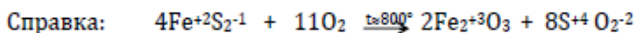
3) от III стадии к I;

4) комплексное использование сырья;

5) высокоэффективные катализаторы;

6) создание «кипящего слоя», двойное контактирование;

7) мероприятия по охране природы.



Fe^{+2} – ок-ся, в-ль

S^{-1} – ок-ся, в-ль

O_2^0 – вос-ся, ок-ль

Производство аммиака

1. Применение.

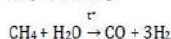
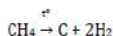
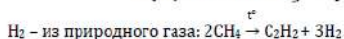


2. Перспективы развития производства аммиака:

- увеличение объема выпуска $\text{NH}_3 \uparrow$;
- увеличение производства NH_4NO_3 ;
- реакторы мощностью до 800–900 тыс. т/год.

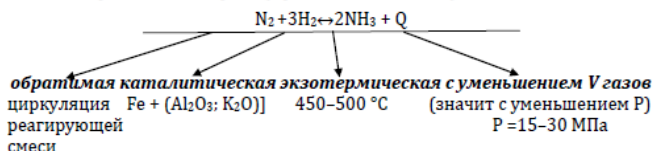
3. Сырье:

N_2 (глубокое охлаждение воздуха $t(\text{N}_2)_{\text{кип.}} = -196^\circ\text{C}$
 $t(\text{O}_2)_{\text{кип.}} = -183^\circ\text{C}$) } комплексная переработка сырья



4. Химизация процесса. Практически значима прямая реакция!

Смещение равновесия вправо (Принцип Ле Шателье).



5. Технология производства аммиака.



6. Научные принципы производства:

- а) механизация и автоматизация производства;
- б) оптимальные условия (принцип Ле Шателье);
- в) противоток $\uparrow\downarrow$;
- г) теплообмен, теплопередача;
- д) циркуляция;
- е) кооперирование производства \rightarrow производство NH_3 + газо- и нефтеместорождения, или газопроводы;
- ж) экологические основы производства.

Приложение 2. Химическая промышленность в Астраханской области (некоторые материалы сайта Министерства промышленности, транспорта и природных ресурсов Астраханской области)

<https://mptpr.astrobl.ru/node>

Всего в Каталоге поставщиков портала Metaprom.ru представлено более 10 промышленных компаний из Астраханской области.

Ведущую позицию в Астраханской области занимает нефтегазовая отрасль. Область является основным газодобывающим регионом Поволжья, входит в число лидеров по производству природного газа, нефтепродуктов, серы. Также в регионе развиты машиностроительная отрасль, судостроение и судоремонтный комплекс, пищевая промышленность и рыбное хозяйство.

Предприятия химической отрасли выпускают широкий ассортимент продукции: стеклопластик и изделия из них, стекловолокно, стеклоткани, пряжу штапелированную, полиэтиленовые изделия, формовые и неформовые резинотехнические изделия, пробку медицинскую укупорочную различного назначения, лакокрасочную продукцию более тридцати наименований, кровельные покрытия и прочую продукцию.

Кроме того, в структуре пищевой промышленности региона имеются предприятия по выпуску спиртовой, ликероводочной, кондитерской, хлебобулочной, пивоваренной и безалкогольной продукции. Имеются мукомольно-крупяные и комбикормовые производственные предприятия.

ООО «Газпром добыча Астрахань» — крупнейшее в Европе серо-газоконденсатное месторождение с газодобывающим и перерабатывающим комплексом, входит в структуру ГАЗПРОМа. Предприятие полностью обеспечивает Астраханскую область горюче-смазочными

материалами и газом. Более половины добываемого газа подается по газопроводам через территорию Калмыкии на Северный Кавказ. На долю ООО «Газпром добыча Астрахань» приходится 81% выпускаемой в России и 10% мировой выработки серы. Продукция предприятия — сера, бензин, мазут, дизельное топливо, товарный природный газ — успешно реализуется на российском и международном рынках.

ООО «Газпром добыча Астрахань» образовано в октябре 1981 г.

Разработка Астраханского газоконденсатного месторождения была начата 31 декабря 1986 г. с вводом в эксплуатацию первой очереди Астраханского газового комплекса — основного производителя серы в СССР.

Астраханское месторождение является для России уникальным промыслом. Уникальность его заключается в высоком содержании сероводорода в пластовой смеси (до 25%), глубине залегания пластов (4000–4100 м), пластовой температуре (110°C) и давлении (более 600 атм).

Основные виды деятельности ООО «Газпром добыча Астрахань»:

- доразведка залежей углеводородного сырья;
- добыча сероводородсодержащего углеводородного сырья;
- переработка газа и конденсата с выработкой сухого и сжиженного газов, бензина, дизельного топлива, мазута, серы в жидком, комовом и гранулированном видах;
- научно-исследовательские и проектно-изыскательские работы.

«Астраханьбургаз» (филиал буровой компании ОАО «Газпром»), образованный в 1985 г., ведет разработку АГКМ (Астраханское газоконденсатное месторождение) и занимается эксплуатационным бурением и бурением сверхглубоких поисково-разведочных скважин.

Созданная в 1997 г. буровая компания — дочернее предприятие ОАО «Газпром» — объединила филиалы в пяти регионах России, включая и «Астраханьбургаз».

Сверхглубокое бурение — визитная карточка филиала «Астраханьбургаз». В настоящее время филиал «Астраханьбургаз» осуществляет бурение, строительство и испытания на продуктивность одновременно четырех сверхглубоких скважин (проектной глубиной 6000–7000 м) в сложных геологических условиях.

За период существования филиала его специалистами пробурено около 80 000 м горных пород и построено более 200 эксплуатационных скважин в сложных горно-геологических условиях.

Работы, производимые филиалом, уникальны для России. Сегодня ни одно предприятие, кроме филиала «Астраханьбургаз», не осуществляет бурение одновременно пяти сверхглубоких скважин в сложных геологических условиях.

ОАО «Астраханский тепловозоремонтный завод» — входит в структуру ОАО «РЖД», специализируется на ремонте тепловозов для нужд железных дорог. Астраханский ТРЗ построен в период с 1948 по 1954 г. Завод строился специально для ремонта тепловозов. Завод отремонтировал свой первый тепловоз в 1954 г. Астраханский тепловозоремонтный завод принят в постоянную эксплуатацию в 1958 г.

Первый тепловоз (ТЭ1-20-105), отремонтированный Астраханским ТРЗ, установлен в качестве памятника у проходной завода.

Основная продукция ОАО «Астраханский тепловозоремонтный завод»: локомотивы; железнодорожные дрезины; автомотрисы и трамвайные вагоны и др.

ОАО «Астраханский станкостроительный завод» — производство металлорежущего, кузнечно-прессового, деревообрабатывающего оборудования, а также комплектующих к станкам, оснастка. Астраханский станкостроительный завод был создан в 1944 г.

Благодаря тому, что Астраханский станкостроительный завод расположен вблизи железнодорожной станции «Астрахань-1», ввоз материалов и вывоз продукции можно производить железнодорожным транспортом через подъездные пути завода. ОАО «АСЗ» располагает механическим, инструментальным, сборочным, кузнечно-штампосварочным и ремонтно-механическим цехами. А также на территории АСЗ находится склад для хранения материалов и готовой продукции.

Основная продукция ОАО «Астраханский станкостроительный завод»: станки токарно-винторезные; кузнечнопрессовое оборудование; оборудование для резки металла; деревообрабатывающее оборудование; запасные части и детали по специальным заказам и т. д.

Учитывая надежность и простоту в эксплуатации, выпускаемые заводом станки пользуются потребительским спросом практически во всех отраслях промышленности. Наряду с поставкой станков на внутренний рынок производится поставка станков на внешние рынки (Иран, Вьетнам, Индия, Турция и др.).

ОАО «Астраханское стекловолокно» — ведущее предприятие по производству продукции на основе стекловолокна, например: по производству тонких стеклянных тканей электротехнического назначения. Входит в состав ХК «Элинар» с 2005 г.

Завод стекловолокна был введен в эксплуатацию в 1962 г. Через год были введены в строй размоточный и ткацкие цеха. В 1969 г. был введен в строй единственный в СССР цех по выпуску штапелированной пряжи. С 1971 г. на Астраханском заводе стекловолокна начался выпуск стеклосеток, рулонного стеклопластика. В 1991 г. завод был преобразован в АООТ «Астраханское стекловолокно». Основная продукция Астраханского стекловолокна: стеклоткани; стеклопластик; полотно холостопрощивное; маты стеклянные теплоизоляционные; одностороннее стекловолокно; стеклосетки; нить стеклянная.

Сегодня продукция завода «Астраханское стекловолокно» практически на 90% имеет электротехническое значение. Основными потребителями продукции являются предприятия электротехнической и кабельной промышленности. Стеклоткани завода экспортируются в Румынию, Южную Корею.

ОАО «Бассоль» — является потенциалом развития пищевой промышленности. Соляная отрасль занимает около четвертой части объемов пищевой промышленности региона. На долю основного предприятия отрасли ОАО «Бассоль», разрабатывающего соляные залежи озера Баскунчак, приходится около 60% российского объема добычи соли. В настоящее время предприятие выпускает различные виды соли: пищевую (йодированную и нейодированную), хлористый натрий технический, комовую соль для животноводства, бальнеологическую соль с эфирными маслами и растительными экстрактами, высокоминерализованную воду для ванн. Потенциал отрасли связан с возможной реализацией проекта строительства завода по производству соли «Экстра» на базе Баскунчакского месторождения каменной соли «Купол», расположенного недалеко от действующего предприятия.

Приложение 3. Ресурсы Астраханской области: минерально-сырьевая база, возможности недропользования

<https://mptpr.astrobl.ru/site-page/mineralno-syrevaya-baza>

Минерально-сырьевая база. Полезные ископаемые и минеральные ресурсы в комплексе составляют минерально-сырьевую базу нашей территории и во многом определяют экономический потенциал области

К настоящему времени на территории области открыт ряд месторождений природного газа и конденсата, нефти, поваренной соли, гипса, минеральных вод, лечебных грязей и других полезных ископаемых.

Участки недр местного значения, содержащие общераспространенные полезные ископаемые, такие как: глина, суглинок, супесь, гипс, песок, гравий, гравийно-песчаные породы, известняк, песчаник, опока, сапропель составляют сырьевую базу для производства строительных материалов.

<https://mptpr.astrobl.ru/site-page/kontinentalnaya-chast-territoriya-astrahanskoy-oblasti>

Нефть, газ, конденсат

Основной ресурсный потенциал региона состоит из природного газа, газового конденсата, нефти и серы.



В настоящее время ресурсы углеводородов Астраханского региона на суше являются самыми крупными в европейской части Российской Федерации и составляют более 6 трлн м³ газа и более 1,3 млрд т жидких углеводородов. Сырьевая база области включает 11 месторождений: 4 газоконденсатных, 4 нефтяных и 3 газовых. Три из этих месторождений — Астраханское ГКМ, Центрально-Астраханское ГКМ и нефтяное месторождение Великое — являются уникальными по запасам нефти и газа.

На суше крупными газоконденсатными месторождениями являются Астраханское ГКМ (левобережная и правобережная части), Западно-Астраханское ГКМ, Центрально-Астраханское ГКМ, крупными нефтяными — Верблюжье, Юртовское и Великое.



В Астраханской области промышленную добычу углеводородов осуществляют компании ООО «Газпром добыча Астрахань» (дочернее предприятие ОАО «Газпром») и ТПП «Волгограднефтегаз» (производственное предприятие ОАО «РИТЭК»). ООО «Газпром добыча Астрахань» ведет добычу в пределах Астраханского газоконденсатного месторождения, ТПП «Волгограднефтегаз» добывает нефть на Бешкульском нефтяном месторождении и природный газ на Промысловском газовом месторождении.

Кроме того, АО «Южная нефтяная компания» осуществляет пробную эксплуатацию Верблюжьего газонефтяного месторождения.

На прилегающем к Астраханской области шельфе Северного Каспия крупным нефтегазоконденсатным месторождением является месторождение Юрия Корчагина, промышленную разработку его ведет ООО «ЛУКОЙЛ-Нижеволжскнефть» (дочернее предприятие ОАО «ЛУКОЙЛ»).

Геологоразведочные работы с целью прироста запасов на территории области и в прилегающей части российского сектора Каспийского моря осуществляются на 29 лицензионных участках недр, 23 из которых находятся на суше и 6 на шельфе Каспийского моря.

Поиск, разведка и освоение месторождений и перспективных участков углеводородного сырья осуществляются 18 нефтегазовыми компаниями (15 — на суше, 3 — на шельфе) за счет внебюджетных средств в соответствии с установленными условиями лицензий на

право пользования недрами и перспективными планами компаний-недропользователей.

За последние пять лет активные геологоразведочные работы на территории Астраханской области позволили увеличить запасы нефтяных месторождений на суше более чем в 20 раз — с 17 млн т до 361 млн т нефти, с освоением которых регион станет крупным центром нефтедобычи в России.

Одним из самых больших успехов геологоразведочной деятельности не только на территории Астраханской области, но и всей России является открытие ЗАО «Нефтегазовая компания “АФБ”» нефтяного месторождения Великое в Харабалинском районе. Извлекаемые запасы по категории $C_1 + C_2$ свыше 330 млн т нефти и почти 100 млрд m^3 растворенного газа.

Кроме крупных запасов на сухопутной части региона за последние 15 лет сформирована значительная минерально-сырьевая база на прилегающем к Астраханской области шельфе Каспийского моря. В данной акватории разведано восемь многопластовых месторождений: нефтегазоконденсатные — им. Юрия Корчагина, им. Юрия Кувыкина, Хвалынское, 170 км; газоконденсатнонефтяное им. Владимира Филановского, газоконденсатное Ракушечное, нефтяные Морское и Западно-Ракушечное. Также выявлено более 20 перспективных структур.

Все месторождения числятся в распределенном фонде недр и располагаются в пределах лицензионных участков ООО «ЛУКОЙЛ-Нижевожскнефть» (Северный, Восточно-Ракушечный и Центрально-Каспийский лицензионные участки), ООО «Каспийская нефтяная компания» (Северо-Каспийская площадь и Западно-Ракушечное нефтяное месторождение) и ООО «ПетроРесурс» (Лаганский участок). В настоящее время основной объем работ сосредоточен на доразведке открытых месторождений и бурении на неопределенных структурах.

По оперативным оценкам прогнозные ресурсы Северного Каспия в прилегающей к Астраханской области части шельфа составляют 1,1 млрд т нефти и газового конденсата и 800 млрд m^3 газа.

В 2010 г. введено в эксплуатацию первое в российском секторе Каспия месторождение — им. Юрия Корчагина. Объемы добычи на месторождении постоянно увеличиваются с целью выхода на проектный уровень в 1,6 млн т нефти в год. С начала реализации проекта в эксплуатацию введено 14 добывающих скважин. В 2014 г. накопленная добыча нефти превысила очередной рубеж — 3,5 млн т.

С 2012 г. продолжается обустройство крупнейшего по запасам нефти шельфового месторождения — им. Владимира Филановского.

В строительстве основных технических объектов обустройства месторождения участвуют судостроительные и промышленные предприятия региона. Промышленная эксплуатация на проекте началась в 2016 г. В 2019 г. накопленная добыча превысила 15 млн т.

Добыча углеводородного сырья неразрывно связана с его дальнейшей транспортировкой. Через Астраханскую область проходит крупная нефтепроводная система для перекачки нефти с месторождений Западного Казахстана в порт Новороссийска на экспорт. В целях развития инфраструктуры по транспортировке углеводородного сырья ЗАО «Каспийский Трубопроводный Консорциум — Р» с 2012 г. осуществляет строительство на территории области объектов расширения нефтепроводной системы КТК до 67 млн т нефти в год. В 2013 г. завершены строительно-монтажные и пусконаладочные работы на объекте НПС «Астраханская». В 2017 г. в эксплуатацию введены две новые нефтеперекачивающие станции А-НПС-4А и А-НПС-5А. Реализация проекта позволит осуществлять экспорт нефти, добываемой на каспийских месторождениях, через систему КТК, а также в перспективе подключить к экспортной трубе расположенные вблизи нее новые нефтяные месторождения, в частности шельфовые месторождения.

<https://mptpr.astrobl.ru/site-page/sol-povarennaya>

Соль поваренная



Месторождение поваренной соли Баскунчакское, расположенное в Ахтубинском районе, приурочено к соленому озеру Баскунчак.

Крупные запасы соли, отсутствие вскрышных работ, открытый способ разработки и близость к транспортной железнодорожной магистрали позволяют рассматривать месторождение как одно из крупнейших в России и ближнем Зарубежье. Разработка запасов месторождения ведется ООО «Руссоль». Обеспеченность предприятия балансовыми запасами при объемах добычи не более проектных составляет 43 года.

Детально разведанное Баскунчакское месторождение поваренной соли (каменной), расположенное на западном берегу оз. Баскунчак, имеет значительные запасы полезного ископаемого, утверждение которых ГКЗ отложено до разработки ТЭО способа разработки.

В южной части области, в зоне развития западных подступных ильменей, на территории Наримановского и Лиманского районов располагаются многочисленные мелкие соляные озера, соль которых по химическому составу непригодна для пищевых, кормовых и промышленных целей из-за повышенного содержания в ней хлоридов и сульфатов кальция и магния. Из-за небольших запасов соль добывается в ограниченных объемах для местных нужд хозяйств районов — чистки котлов, засолки кож, посыпки дорог зимой и др.

<https://mptpr.astrobl.ru/site-page/podzemnye-vody>

Подземные воды и лечебные грязи

Минеральные воды. В Астраханской области разведаны и защищены запасы по шести месторождениям минеральных вод. С 1990 г. эксплуатируется Тинакское месторождение минеральных вод, расположенное в Наримановском районе, севернее села Стрелецкое, на территории ФГУ «Центр реабилитации ФСС РФ “Тинаки”». По химическому составу воды этого месторождения йодо-бромные хлоридные натриевые, используются в бальнеолечении (в виде ванн) при различных заболеваниях. В 2009 г. выполнена переоценка эксплуатационных запасов минеральных вод Тинакского месторождения. Согласно протоколу ТКЗ, запасы по категории В составили 50 м³/сут.

В конце 1995 г. открыто месторождение минеральных вод Харабалинское, расположенное на северной окраине г. Харабали. Воды по составу хлоридные кальциево-магниевые-натриевые.

В Ахтубинском районе в 90-е гг. прошлого века были утверждены запасы на двух участках минеральных подземных вод «Кочевой» и «Минерал».

В 2005 г. были защищены запасы на участке минеральных подземных вод, расположенном в Советском районе г. Астрахани на

территории НПМК «Экологическая медицина». По химическому составу воды этого месторождения йодо-бромные хлоридные магниевонатриевые.

В 2008 г. были защищены эксплуатационные запасы месторождения минеральных вод «Покровское», расположенное на восточной окраине с. Покровка в Ахтубинском районе Астраханской области. Подземные воды по составу хлоридно-сульфатные натриево-кальциевые. ООО «Новый город» получена лицензия на право пользования недрами с целью добычи минеральной воды.

На территории Астраханской области продолжаются поисково-разведочные работы на минеральные воды.

Технические воды. Подземные воды, как минерализованные, так и пресные, используются различными предприятиями Астраханской области для технических целей.

Минерализованные подземные воды использовались для технических целей при бурении скважин на нефть и газ ООО «Газпром добыча Астрахань» и ООО «Лукойл-Приморьнефтегаз».

Пресные воды. Пресные подземные воды на территории Астраханской области развиты в основном в Ахтубинском районе и Волго-Ахтубинской пойме.

На территории Ахтубинского района расположено единственное в Астраханской области детально разведанное Баскунчакское месторождение пресных подземных вод. В 1998 г. эксплуатационные запасы подземных вод были переоценены и составили: балансовые запасы по категории А — 2,7 тыс. м³/сут. Месторождение эксплуатирует Приволжская железная дорога ОАО «Российские железные дороги МПС РФ».

На участке «Верхний Баскунчак» Баскунчакского месторождения в 2005 г. защищены запасы пресных подземных вод по категории В. Месторождение приурочено к верхнему слою аллювиально-морского хазаро-хвалынского водоносного горизонта. Вода пресная, кальциево-натриевая. Месторождение находится в нераспределенном фонде недр.

Для решения проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Знаменска Ахтубинского района в 2008–2010 гг. выполнены поисково-оценочные работы в районе г. Знаменска по двум участкам: Пойменный и Степной, по результатам которых в 2010 г. были утверждены балансовые запасы питьевых подземных вод месторождения «Знаменское».

Ресурсы пресных подземных вод Волго-Ахтубинской поймы практически не используются, хотя являются перспективными для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Гидроминеральное сырье. В Наримановском районе в 2009 г. ООО «Эй Джи Эм» выявлено и оценено запасы Леонидовское месторождение подземных йодных вод в апшеронских и акчагыльских отложениях, позволяющее организовать промышленное производство йода. Инвестиционный проект разработки месторождения и поставки йода на производство (1 пусковой комплекс) будет реализован в 2013 г.

Лечебные грязи. Астраханская область, в особенности Наримановский и Лиманский районы, обладают значительными запасами лечебных грязей, приуроченных к соленым озерам.

В 2005–2006 гг. была произведена доразведка месторождения лечебных грязей озера «Лечебное», расположенного на западе Наримановского района, с целью переоценки запасов по промышленным категориям. Данное месторождение эксплуатируется ФГУ «Центр реабилитации ФСС РФ “Тинаки”».

В Ахтубинском районе в 2005 г. проведена детальная разведка месторождения лечебных минеральных грязей озера Баскунчак и защищены запасы по двум участкам. Месторождение эксплуатируется ООО «Санаторий-профилакторий “Баскунчак”» в лечебно-профилактических целях. В 2007–2008 гг. на территории трех районов — Наримановского, Лиманского и Икрянинского — были произведены работы по оценке ресурсного потенциала лечебных грязей. В результате изысканий были выявлены три озера с промышленными запасами лечебных грязей: «Соленое-Чичин», «Соленое-Озерное» и «Соленое-Оля (Карантинное)».

<https://mptpr.astrobl.ru/site-page/stroitelnye-materialy>

Строительное сырье. Геологоразведочными работами на территории области выявлено значительное количество месторождений строительного сырья. 60 месторождений разведаны по категориям А + В + С₁ или С₂ и учтены территориальным балансом запасов полезных ископаемых.

Гипс. Право пользования участками недр местного значения Южный, Средний Баскунчак, Северный, Северо-Западный Нижне-Баскунчакского месторождения гипса и Кошара-Тургай предоставлено ЗАО «КНАУФ ГИПС БАСКУНЧАК». В настоящий момент ведется разработка участка Южный Нижне-Баскунчакского месторождения гипса. Участки Средний Баскунчак, Северный, Северо-Западный

Нижне-Баскунчакского месторождения гипса и Кошара-Тургай подготовлены к промышленному освоению.

Кирпично-черепичное сырье. Территориальным балансом запасов полезных ископаемых учтены 34 месторождения кирпично-черепичного сырья. Глинистые легкоплавкие породы, пригодные для кирпично-черепичного производства, приурочены к морским хвалынским отложениям и к современным аллювиально-делювиальным образованиям. По масштабу крупности все месторождения относятся к мелким. Большая часть месторождений расположена в южной части области, вблизи от основного потребителя продукции — г. Астрахани.

Керамзитовое и аглопоритовое сырье. Основным сырьем для производства керамзита на территории Астраханской области являются лагунно-лиманские хвалынские, а также современные пойменные глины. Балансом учтены 5 месторождений глин, пригодных для производства теплоизоляционно-конструктивного керамзита, изготовления керамзито-бетонных стеновых изделий: *Кирикилинское, Новокучергановское, Косикинское, Петропавловское и Куянкское.*

Пески. Территориальным балансом запасов общераспространенных полезных ископаемых учтены 2 месторождения песков для бетонов и силикатных изделий — *Рассветинское и Тинакское.*

Кремнистое сырье для производства термолита. Термолит — легкий пористый заполнитель бетона, получаемый путем обжига опоковых пород. Сырьем для производства термолитового щебня служат опоки. В области разведано 2 месторождения опок — *Каменнаярская и Ак-Джарская.*

Опоки Каменнаярского месторождения пригодны для производства глазурованных облицовочных плиток, а также гранулированного и обожженного опочного гравия для конструктивно-теплоизоляционного бетона. Кроме того, каменнаярская опока обладает высокой гидравлической активностью, отбеливающими и осушающими свойствами. Она может использоваться как активная гидравлическая добавка в цементном производстве и может иметь широкое применение для осушки газов в нефтегазоперерабатывающей промышленности, а также других отраслях, где есть потребность в осушке газов и воздуха от влаги.

Глинистое сырье (глина, суглинок, супесь) для инженерно-планировочных мероприятий. Территориальным балансом запасов полезных ископаемых учтены 8 участков недр местного значения, со-

держащих глину, суглинок, супесь для инженерно-планировочных мероприятий.

Приложение 4. Задания с производственным содержанием в системе подготовки к ОГЭ и ЕГЭ по химии

Задания составлены по опубликованным источникам [27; 29; 32; 40; 43; 51; 52; 55; 66; 137 и т. д.], а также по данным сайта www.fipi.ru (открытый банк заданий ОГЭ и ЕГЭ).

Содержательный блок «Химия и жизнь» (ОГЭ).

Проверяемые элементы содержания:

Задание 13

Чистые вещества и смеси. Правила безопасной работы в школьной лаборатории. Лабораторная посуда и оборудование. Человек в мире веществ, материалов и химических реакций. Проблемы безопасного использования веществ и химических реакций в повседневной жизни.

Разделение смесей и очистка веществ. Приготовление растворов. Химическое загрязнение окружающей среды и его последствия.

Содержательный блок «Методы познания в химии. Химия и жизнь» (ЕГЭ).

Задание 22

Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот).

Задание 24

Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Смещение равновесия под действием различных факторов.

Задание 26

Правила работы в лаборатории. Лабораторная посуда и оборудование. Правила безопасности при работе с едкими, горючими и токсичными веществами, средствами бытовой химии. Научные методы исследования химических веществ и превращений. Методы разделения смесей и очистки веществ.

Понятие о металлургии: общие способы получения металлов. Общие научные принципы химического производства (на примере промышленного получения аммиака, серной кислоты, метанола). Химическое загрязнение окружающей среды и его последствия. Природные источники углеводородов, их переработка.

Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки.

Примеры заданий ОГЭ по химии

Задание 1 (демонстрационный вариант 2017 г.)

Верны ли суждения о безопасном обращении с химическими веществами?

А. Разбитый ртутный термометр и вытекшую из него ртуть следует выбросить в мусорное ведро.

Б. Красками, содержащими соединения свинца, не рекомендуется покрывать детские игрушки и посуду.

- 1) верно только А; 2) верно только Б;
3) верны оба суждения; 4) оба суждения неверны.

Задание 2 (2016 г.)

Верны ли следующие суждения о правилах приема и хранения витаминов?

А. Витамины можно потреблять в неограниченном количестве.

Б. Хранение витаминов не требует соблюдения указанных в инструкции правил.

- 1) верно только А; 2) верно только Б;
3) верны оба суждения; 4) оба суждения неверны.

Задание 3

Для получения дистиллированной воды используют:

- 1) фильтрование; 2) перегонку;
3) выпаривание; 4) отстаивание.

Задание 4

Верны ли суждения о химическом загрязнении окружающей среды и его последствиях?

А. Ионы тяжелых металлов, содержащиеся в овощах, выращенных у дороги, никак не влияют на здоровье человека.

Б. Использование бензина, содержащего соединения свинца, отрицательно сказывается на состоянии окружающей среды и на здоровье людей.

- 1) верно только А; 2) верно только Б;
3) верны оба суждения; 4) оба суждения неверны.

Задание 5

Верны ли следующие утверждения о чистых веществах и смесях?

А. Природный газ является чистым веществом.

Б. Алмаз является смесью веществ.

- 1) верно только А; 2) верно только Б;
3) верны оба суждения; 4) оба суждения неверны.

Задание 6

Верны ли суждения о методах разделения смесей?

А. Смесь поваренной соли и медного купороса можно разделить фильтрованием.

Б. Смесь воды и бензина можно разделить с помощью делительной воронки.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1) верно только А; | 2) верно только Б; |
| 3) верны оба суждения; | 4) оба суждения неверны. |

Задание 7

Верны ли суждения о способах разделения смесей?

А. Бензин разделяют на компоненты с помощью делительной воронки.

Б. Действие на смесь магнитом является физическим способом разделения вещества.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1) верно только А; | 2) верно только Б; |
| 3) верны оба суждения; | 4) оба суждения неверны. |

Задание 8

Верны ли следующие суждения об использовании лабораторного оборудования и о правилах хранения лекарственных препаратов?

А. Для того чтобы отмерить определенный объем жидкости в лаборатории, можно воспользоваться мензуркой, мерной колбой или мерным цилиндром.

Б. Все лекарственные препараты следует обязательно хранить в холодильнике.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1) верно только А; | 2) верно только Б; |
| 3) верны оба суждения; | 4) оба суждения неверны. |

Задание 9

Выберите верное суждение о промышленном синтезе аммиака.

- 1) реакция синтеза аммиака является необратимой;
- 2) реакция синтеза аммиака является каталитической;
- 3) сырьем для получения аммиака в промышленности является азотная кислота;
- 4) синтез аммиака промышленности проводят при пониженном давлении.

Задание 10

В промышленности аммиак получают

- 1) синтезом из простых веществ;
- 2) термическим разложением хлорида аммония;
- 3) термическим разложением нитрата аммония;
- 4) реакцией хлорида аммония с гидроксидом натрия.

Задание 11

Верны ли суждения о назначении лабораторной посуды и оборудования?

А. Ступка с пестиком предназначена для измельчения твердых веществ.

Б. Ареометр предназначен для измерения плотности раствора.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1) верно только А; | 2) верно только Б; |
| 3) верны оба суждения; | 4) оба суждения неверны. |

Задание 12

Верны ли суждения о правилах безопасного обращения с веществами в быту?

А. При работе с жидкими чистящими препаратами для ванн и раковин рекомендуется использовать резиновые перчатки.

Б. Столовый уксус должен храниться вместе с препаратами бытовой химии.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1) верно только А; | 2) верно только Б; |
| 3) верны оба суждения; | 4) оба суждения неверны. |

Задание 13

Верны ли суждения о химическом загрязнении окружающей среды и его последствиях?

А. Повышенное содержание в атмосфере оксида углерода (II) не является угрожающим фактором для здоровья человека.

Б. Производство цемента и других строительных материалов не относят к источникам загрязнения атмосферы.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1) верно только А; | 2) верно только Б; |
| 3) верны оба суждения; | 4) оба суждения неверны. |

Задание 14

Верны ли следующие суждения о процессе фильтрования и об использовании химических реакций человеком?

А. Для ускорения процесса фильтрования скошенный конец воронки следует прижать к стенке химического стакана.

Б. В основе выплавки чугуна и стали лежат окислительно-восстановительные реакции.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1) верно только А; | 2) верно только Б; |
| 3) верны оба суждения; | 4) оба суждения неверны. |

Задание 15

Верны ли следующие суждения применительно к реакции синтеза аммиака?

А. Это реакция соединения, гомогенная, каталитическая.

Б. Это реакция окислительно-восстановительная, обратимая, экзотермическая.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1) верно только А; | 2) верно только Б; |
| 3) верны оба суждения; | 4) оба суждения неверны. |

Задание 16

Кислородный конвертер используют в производстве:

- 1) серной кислоты;
- 2) аммиака;
- 3) чугуна;
- 4) стали.

Задание 17

При производстве серной кислоты повышенное давление используют на стадии:

- 1) сжигания серы;
- 2) окисления сернистого газа до оксида серы (VI);
- 3) растворения оксида серы (VI);
- 4) разбавления олеума.

Задание 18

В промышленности повышение выхода аммиака обеспечивается:

- 1) действием высоких температур;
- 2) проведением процесса при низких давлениях;
- 3) использованием катализатора;
- 4) циркуляцией азотно-водородной смеси.

Задание 19

Какие вещества необходимо взять для получения хрома алюмотермическим способом?

- 1) Cr и Al_2O_3 ;
- 2) Cr и Al;
- 3) Cr_2O_3 и Al_2O_3 ;
- 4) Cr_2O_3 и Al.

Задание 20

Газификацией топлива называется:

- 1) превращение оксида углерода (IV) в оксид углерода (II);
- 2) разложение воды на кислород и водород;
- 3) крекинг метана;
- 4) превращение твердого топлива в газообразное.

Примеры заданий ЕГЭ по химии

Рассмотрим задание 26.

1. Процесс, не относящийся к переработке нефти, — это:

- 1) перегонка;
- 2) крекинг;
- 3) риформинг;
- 4) коксование.

2. Высокотемпературная переработка нефтепродуктов, которая приводит к образованию углеводородов меньшей молярной массы, имеет название:

- 1) изомеризация;
- 2) крекинг;
- 3) ароматизация;
- 4) риформинг.

3. Установите соответствие между продуктом химической промышленности и аппаратом, который используется при производстве этого продукта: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ПРОДУКТ

- А) метанол;
- Б) аммиак;
- В) чугун;
- Г) сталь.

АППАРАТ

- 1) доменная печь;
- 2) мартеновская печь;
- 3) коксовая печь;
- 4) колонна синтеза;
- 5) поглотительная башня;
- 6) сушильная башня.

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

4. Установите соответствие между используемым веществом и способом его применения

ВЕЩЕСТВО

- А) ацетон;
- Б) этилен;
- В) аммиак;
- Г) тетрахлорметан.

ПРИМЕНЕНИЕ

- 1) производство удобрений;
- 2) в качестве растворителя;
- 3) в качестве топлива;
- 4) в производстве синтетических полимеров.

5. Верны ли следующие суждения о промышленных способах получения металлов?

А. В основе пирометаллургии лежит процесс восстановления металлов из руд при высоких температурах.

Б. В промышленности в качестве восстановителей используют оксид углерода (II) и кокс.

- 1) верно только А;
- 2) верно только Б;
- 3) верны оба суждения;
- 4) оба суждения неверны.

6. Установите соответствие между металлом и способом его электролитического получения в промышленности: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

МЕТАЛЛ

- А) натрий;
- Б) алюминий;

ЭЛЕКТРОЛИЗ

- 1) водного раствора солей;
- 2) водного раствора гидроксида;

- | | |
|-------------|--|
| В) серебро; | 3) расплава поваренной соли; |
| Г) медь. | 4) расплавленного оксида; |
| | 5) раствора оксида в расплавленном криолите. |

7. В производстве серной кислоты на стадии окисления SO_2 для увеличения выхода продукта:

- 1) повышают концентрацию кислорода;
- 2) увеличивают температуру;
- 3) понижают давление;
- 4) вводят катализатор.

8. При производстве аммиака в качестве сырья используется:

- 1) «синтез-газ»;
- 2) метан и воздух;
- 3) метан и оксид углерода (II);
- 4) азот и водород.

9. Верны ли следующие суждения о переработке нефти?

А. В результате перегонки нефти получают бензин, керосин и метан.

Б. Крекинг нефтепродуктов сопровождается разрывом связей C–C.

- 1) верно только А;
- 2) верно только Б;
- 3) верны оба суждения;
- 4) оба суждения неверны.

10. При производстве серной кислоты обжиг колчедана осуществляют:

- 1) с использованием катализатора;
- 2) при постепенном повышении давления;
- 3) увеличивая площадь поверхности соприкосновения реагентов;
- 4) при постепенном понижении температуры.

11. При производстве серной кислоты реакцию окисления сернистого газа осуществляют в:

- 1) печи для обжига;
- 2) поглотительной башне;
- 3) сушильной башне;
- 4) контактном аппарате.

12. Установите соответствие между веществом и реакцией, которая лежит в основе его получения: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ВЕЩЕСТВО

РЕАКЦИЯ

- А) фенолформальдегидная смола;
- Б) синтетический каучук;
- В) лавсан;
- Г) ацетатный шелк.

- 1) полимеризации;
- 2) поликонденсации.

13. Установите соответствие между веществом и областью его применения: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ВЕЩЕСТВО

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

- А) аммиак;
- Б) метан;
- В) изопрен;
- Г) этилен.

- 1) получение капрона;
- 2) в качестве топлива;
- 3) получение каучука;
- 4) производство удобрений;
- 5) получение пластмасс.

14. Из предложенного перечня веществ выберите два, при полимеризации которых образуется каучук:

- 1) метилбутен-2;
- 2) бутадиен-1,3;
- 3) пропилен;
- 4) хлоропрен;
- 5) пентадиен-1,4.

15. Установите соответствие между используемым в быту веществом и способом его применения: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ВЕЩЕСТВО

ПРИМЕНЕНИЕ

- А) гидрокарбонат натрия;
- Б) этановая кислота;
- В) активированный уголь;
- Г) этанол.

- 1) используется для консервирования овощей, в концентрированном виде вызывает ожоги;
- 2) нерастворимое в воде вещество, используется в качестве поглотителя примесей в фильтрах для воды;
- 3) жидкость со специфическим запахом; может использоваться в качестве горючего;
- 4) используется и как разрыхлитель теста и как чистящее средство;
- 5) вязкая гигроскопичная жидкость, используется в парфюмерной промышленности.

16. Установите соответствие между полимером и мономером, используемым для его получения: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ПОЛИМЕР

- А) синтетический каучук;
- Б) поливинилхлорид;
- В) полистирол;
- Г) изопреновый каучук.

МОНОМЕР

- 1) винилбензол;
- 2) хлорэтен;
- 3) бутадиен-1,3;
- 4) хлорпропен;
- 5) 2-метилбутадиен-1,3.

17. Установите соответствие между продуктом и сырьем, используемым для его промышленного получения: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ПРОДУКТ

- А) серная кислота;
- Б) ацетилен;
- В) аммиак;
- Г) этанол.

СЫРЬЕ

- 1) азот и водород;
- 2) пирит;
- 3) хлорэтан;
- 4) метан;
- 5) хлорид аммония и щелочь;
- 6) этилен.

18. Установите соответствие между металлургическим процессом и его кратким описанием: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ПРОЦЕСС МЕТАЛЛУРГИИ

- А) биометаллургия;
- Б) пирометаллургия;
- В) гидрометаллургия;
- Г) электрометаллургия.

ОПИСАНИЕ

- 1) процесс получения металлов с помощью электролиза оксидов металлов;
- 2) процесс получения металлов с помощью электролиза водных растворов солей и расплавов;
- 3) процесс получения металлов из растворов их солей;
- 4) процесс восстановления металлов из руд при высоких температурах;
- 5) процесс, основанный на использовании отдельных видов микроорганизмов.

19. С помощью реакции поликонденсации получают:

- 1) полистирол;
- 2) полиэтилентерефталат;
- 3) изопреновый каучук;
- 4) ацетатное волокно.

20. Установите соответствие между кратким описанием и соответствующим ему процессом нефтепереработки: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ОПИСАНИЕ

- А) процесс, используемый при переработке тяжелых нефтяных фракций;
- Б) процесс, приводящий к образованию углеводородов с меньшим числом атомов углерода в молекуле;
- В) процесс, приводящий к увеличению концентрации ароматических углеводородов в бензине;
- Г) процесс разделения нефти на фракции с различными температурами кипения.

ПРОЦЕСС

НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

- 1) риформинг;
- 2) перегонка;
- 3) крекинг.

Приложение 5. Ответы к тестовым заданиям

Ответы к заданиям ОГЭ и ЕГЭ

| № | ОГЭ | ЕГЭ | № | ОГЭ | ЕГЭ |
|----|-----|------|----|-----|------|
| 1 | 2 | 4 | 11 | 3 | 4 |
| 2 | 4 | 2 | 12 | 1 | 2122 |
| 3 | 2 | 4412 | 13 | 4 | 4235 |
| 4 | 2 | 2412 | 14 | 3 | 24 |
| 5 | 4 | 3 | 15 | 3 | 4123 |
| 6 | 2 | 3511 | 16 | 4 | 3215 |
| 7 | 2 | 1 | 17 | 2 | 2416 |
| 8 | 1 | 4 | 18 | 4 | 5432 |
| 9 | 2 | 2 | 19 | 4 | 24 |
| 10 | 1 | 3 | 20 | 4 | 3312 |

Ответы к заданиям для самостоятельной работы

| Раздел | № задания | Ответ |
|------------------------------|-----------|---------------------|
| 1.2. | 4 | бвг |
| | 5 | теплообмена |
| | 6 | бг |
| | 7 | вгд |
| 2.1. | 1 | бвг |
| | 3 | вг |
| | 4 | отходы производства |
| | 5 | непрерывным |
| 2.2. | 1 | гд |
| | 4 | теплообменниками |
| | 5 | непрерывным |
| | 9 | скрубберами |
| | 10 | бг |
| | 14 | реактором |
| | 15 | бвд |
| | 16 | насосами |
| | 17 | бг |
| | 19 | авг |
| | 21 | центрифугами |
| | 25 | фугатом |
| | 26 | фильтрованием |
| | 30 | бг |
| Предметный тест к главе 2 | 1 | бвгд |
| | 2 | бвг |
| | 3 | абг |
| | 4 | бгд |
| | 5 | бвд |
| 3.1.1. | 11 | бвгд |
| | 12 | шихтой |
| 3.1.2. | 5 | бвд |
| | 6 | сталями |
| 3.1.3. | 5 | авгд |
| | 6 | вг |
| 3.1.4. | 4 | бвгд |
| | 5 | циркуляция |
| | 6 | бвд |
| 3.1.5. | 4 | г |
| | 5 | 52 |
| 3.1.6. | 4 | вг |
| | 6 | олеумом |
| | 7 | г |
| 3.1.7. | 4 | туковыми |
| | 5 | бдгва |

Продолжение табл.

| Раздел | № задания | Ответ |
|--------|-----------|--|
| 3.1.8. | 4 | Принципы применения катализаторов и циркуляции |
| | 5 | 6000 |
| 3.1.9. | 4 | алитом |
| | 5 | гидратации |
| | 6 | бвд |
| 3.2.1. | 8 | бг |
| | 9 | бгд |
| | 10 | авгд |
| | 11 | каталитическим крекингом |
| 3.2.2. | 13 | спиртовым брожением |
| | 14 | авгд |
| | 15 | абг |
| | 16 | бге |

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аликберова, Л. Ю.* Полезная химия: задачи и истории / Л. Ю. Аликберова, Н. С. Рукк. — 2-е изд., стер. — М. : Дрофа, 2006. — 187 с.
2. *Алыков, Н. М.* Природные ископаемые ресурсы и экологические проблемы Астраханского края / Н. М. Алыков, Н. Н. Алыков ; под ред. Н. М. Алыкова. — Астрахань : Издат. дом «Астраханский университет», 2005. — 113 с.
3. *Аранская, О. С.* Сборник задач и упражнений по химической технологии : учеб. пособие для пед. ин-в по хим. и биолог. спец. — Минск : Выш. шк., 1983. — 206 с.
4. *Аранская, О. С.* Сборник задач и упражнений по химической технологии и биотехнологии. — Минск : Университетское, 1989. — 296 с.
5. *Аршанский, Е. Я.* Методика обучения химии в классах гуманитарного профиля. — М. : Вентана-Граф, 2002. — 176 с. — (Библиотека учителя).
6. *Аспицкая, А. Ф.* Использование информационно-коммуникационных технологий при обучении химии : метод. пособие / А. Ф. Аспицкая, Л. В. Кирсберг. — М. : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2009. — 356 с. — (Информатизация образования).
7. *Атутов, П. Р.* Связь трудового обучения с основами наук : книга для учителя / П. Р. Атутов, Н. И. Бабкин, Ю. К. Васильев. — М. : Просвещение, 1983. — 128 с.
8. *Ахметов, Н. С.* Неорганическая химия : учеб. пособие для учащихся 8–9 классов школы с углубленным изучением химии : в 2 ч. — 2-е изд. — М. : Просвещение, 1990. — Ч. 1. — 208 с.
9. *Ахметов, Н. С.* Неорганическая химия : учеб. пособие для учащихся 8–9 классов школы с углубленным изучением химии : в 2 ч. — 2-е изд. — М. : Просвещение, 1990. — Ч. 2. — 191 с.
10. *Ахметов, Н. С.* Химия : учебник для 9 классов общеобразовательных учреждений. — М. : Просвещение, 1997. — 175 с.
11. *Ахметов, М. А.* Стратегии успешного изучения химии в школе. — М. : Дрофа, 2010. — 95 с.
12. *Ахметов, С. А.* Лекции по технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива : учеб. пособие. — СПб. : Недра, 2007. — 312 с.
13. Избранные педагогические труды / сост. М. Ю. Бабанский. — М. : Педагогика, 1989. — 560 с.

14. *Белохвостов, А. А.* Теория и практика методической подготовки будущего учителя химии к работе в условиях информатизации образования : монография / под ред. Е. Я. Аршанского. — Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2014. — 128 с.

15. *Бесков, В. С.* Общая химическая технология : учебник для вузов. — М. : Академкнига, 2005. — 452 с.

16. *Буринская, Н. Н.* Политехническое образование и профориентация в процессе обучения химии : пособие для учителя. — М. : Просвещение, 1983. — 160 с.

17. *Буринская, Н. Н.* Учебные экскурсии по химии : книга для учителя. — М. : Просвещение, 1988. — 160 с.

18. *Буцкус, П. Ф.* Книга для чтения по органической химии : пособие для учащихся 10 кл. / сост. П. Ф. Буцкус. — 2-е изд., перераб. — М. : Просвещение, 1985. — 256 с.

19. *Великородов, А. В.* Экологически безопасный органический синтез : учеб.-метод. пособие. — Астрахань : Издат. дом «Астраханский университет», 2012. — 226 с.

20. *Вержичинская, С. В.* Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие для среднего проф. образования / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Сеницин. — М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2007. — 400 с.

21. *Виноград, Н. А.* Современное производство йода из гидроминерального сырья в странах СНГ [Электронный ресурс] // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. — 2003. — № 3 (23). — С. 104–107. — (Серия 7. Геология. География). — Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-proizvodstvo-yoda-iz-gidromineralnogo-syrya-v-stranah-sng-1>.

22. *Воровщиков, С. Г.* Развитие универсальных учебных действий: внутришкольная система учебно-методического и управленческого сопровождения : монография / С. Г. Воровщиков, Е. В. Орлова. — М. : МПГУ, 2012. — 210 с.

23. *Габриелян, О. С.* Химия : учебник для студ. сред. проф. учеб. заведений / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов. — М. : Академия, 2005. — 336 с.

24. *Габриелян, О. С.* Химия. 9 класс : учебник для общеобразовательных учреждений. — М. : Дрофа, 2013. — 319 с.

25. *Габриелян, О. С.* Химия. 10 класс. Профильный уровень : учебник / О. С. Габриелян, Ф. Н. Маскаев, С. Ю. Пономарев [и др.] ; под ред. В. И. Теренина. — 15-е изд., стер. — М. : Дрофа, 2014. — 318 с.

26. *Габриелян, О. С.* Химия. 11 класс : учебник для общеобразовательных учреждений. — М. : Дрофа, 2015. — 319 с.
27. *Габриелян, О. С.* Готовимся к единому государственному экзамену. Химия / О. С. Габриелян, П. В. Решетов, И. Г. Остроумов [и др.]. — М. : Дрофа, 2009. — 318 с.
28. *Глинка, Н. Л.* Общая химия : учеб. пособие. — М. : КНОРУС, 2019. — 752 с.
29. *Гольдфарб, Я. Л.* Сборник задач и упражнений по химии / Я. Л. Гольдфарб, Ю. В. Ходаков, Ю. Б. Додонов. — М. : Просвещение, 1988. — 156 с.
30. *Горленко, Н. М.* Структура универсальных учебных действий и условия их формирования / Н. М. Горленко, О. В. Запятая, В. Б. Лебединцев [и др.] // Народное образование. — 2012. — № 4. — С. 153–160.
31. *Гольдфельд, М. Г.* Химическая картина природы и межпредметные связи в курсе химии // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева. — 1983. — Т. 28, № 5. — С. 17–28.
32. *Гузей, Л. С.* Сборник задач по общей химии с производственным содержанием : учеб. пособие для средних проф.-техн. училищ / Л. С. Гузей, В. В. Лунин. — М. : Высш. шк., 1977. — 95 с.
33. *Дьякович, С. В.* Методика факультативных занятий по химии : пособие для учителя. — М. : Просвещение, 1985. — 175 с.
34. *Елагина, В. С.* Формирование профессионально-педагогической направленности у студентов педагогического вуза // Наука и школа. — 2006. — № 6. — С. 36–38.
35. *Егорова, К. Е.* Региональный подход в обучении химии. — М. : Школа-Пресс, 1999 — 144 с.
36. *Ерофеев, В. И.* Курс лекций по дисциплине: «Технология переработки нефти и газа» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: studopedia.su/9_8138_lektsiya.html.
37. *Журин, А. А.* Химия: метапредметные результаты обучения. 8–11 классы / А. А. Журин, Н. А. Заграничная. — М. : ВАКО, 2014. — 208 с. — (Мастерская учителя химии).
38. *Зайцев, О. С.* Методика обучения химии: Теоретический и прикладной аспекты : учебник для студ. вузов. — М. : ВЛАДОС, 2009. — 384 с.
39. *Иванова, Р. Г.* Химия : учебник для 10 классов общеобразовательных учреждений / Р. Г. Иванова, А. А. Каверина. — 4-е изд. — М. : Просвещение, 2003. — 174 с.
40. *Иванова, Р. Г.* Химия. 9 класс : сборник тестовых заданий для подготовки к итоговой аттестации за курс основной школы /

- Р. Г. Иванова, А. С. Корощенко, А. В. Яшукова. — М. : Дрофа, 2008. — 207 с.
41. *Игнатенков, В. И.* Примеры и задачи по общей химической технологии / В. И. Игнатенков, В. С. Бесков. — М. : Академкнига, 2005. — 200 с.
42. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство алюминия. ИТС, 2016. — 11. — М. : Бюро НДТ, 2016. — 156 с.
43. *Каверина, А. А.* ЕГЭ. Химия. Высший балл. Самостоятельная подготовка к ЕГЭ / А. А. Каверина, Д. Ю. Добротин, Ю. Н. Медведев. — М. : Экзамен, 2017. — 431 с. — (Серия «ЕГЭ. Высший балл»).
44. *Каверина, А. А.* Химия. Планируемые результаты. Система заданий. 8–9 классы : пособие для учителей общеобразовательных учреждений / А. А. Каверина, Р. Г. Иванова, Д. Ю. Добротин ; под ред. Г. С. Ковалевой, О. Б. Логиновой. — М. : Просвещение, 2013. — 128 с. — (Работаем по новым стандартам).
45. *Кирюшкин, Д. М.* Методика обучения химии / Д. М. Кирюшкин, В. С. Полосин. — М. : Просвещение, 1970. — 496 с.
46. Концепция школы будущего / В. Б. Лебединцев (рук. авт. колл.), Н. М. Горленко, А. О. Горностаев [и др.] ; научно-педагогическая школы М. А. Мкртчяна. — Красноярск, 2012. — 64 с.
47. *Космодемьянская, С. С.* Методика обучения химии : учеб. пособие / С. С. Космодемьянская, С. И. Гильманшина. — Казань : ТГГПУ, 2011. — 136 с.
48. *Крицман, В. А.* Книга для чтения по неорганической химии : пособие для учащихся / сост. В. А. Крицман. — М. : Просвещение, 1983. — Ч. 1. — 320 с.
49. *Крицман, В. А.* Книга для чтения по неорганической химии : учеб. пособие для учащихся 9 классов / сост. В. А. Крицман. — М. : Просвещение, 1984. — Ч. 2. — 320 с.
50. *Кузнецова, Н. Е.* Формирование систем понятий в обучении химии. — М. : Просвещение, 1989. — 144 с.
51. *Кузнецова, Н. Е.* Задачник по химии. 9 класс : для учащихся общеобразовательных организаций / Н. Е. Кузнецова, А. Н. Левкин. — М. : Вентана-Граф, 2014. — 128 с.
52. *Кузьменко, Н. Е.* Начала химии. Современный курс для поступающих в вузы : учебник / Н. Е. Кузьменко, В. В. Еремин, В. А. Попков. — 14-е изд., стер. — М. : Экзамен, 2007. — 831 с. — (Серия «Учебник для вузов»).

53. *Кутепов, А. М.* Общая химическая технология : учебник для вузов / А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева, М. Г. Беренгартен. — 3-е изд., перераб. — М. : Академкнига, 2004. — 528 с.

54. *Лакоба, С. Е.* Методика преподавания химии в условиях современной школы : пособие / С. Е. Лакоба, Л. Я. Толкач. — Гродно : ГрГУ, 2011. — 111 с.

55. *Левкин, А. Н.* Химия. 11 класс : задачник для учащихся общеобразов. организаций / А. Н. Левкин, Н. Е. Кузнецова. — М. : Вентана-Граф, 2014. — 240 с.

56. *Леонтьева, А. И.* Общая химическая технология : учеб. пособие / А. И. Леонтьева, К. В. Брянкин. — Тамбов : Тамбов. гос. тех. ун-т, 2004. — Ч. 1. — 108 с.

57. *Лунин, В. В.* Национальный проект «Образование» на химическом факультете МГУ // Инновационные образовательные программы в области химии: Химический факультет / под ред. В. В. Лунина. — М.: Изд-во МГУ, 2007. — С. 7–14.

58. *Лямин, А. Н.* Обучение химии в современной школе: традиции и инновации, ретроспективы и перспективы : монография. — Киров : ИРО Кировской области, 2012. — 329 с.

59. *Мартынова, И. Е.* Химия и окружающий мир. Предпрофильный элективный курс химико-экологической направленности для уч-ся средних школ : учеб.-метод. пособие / И. Е. Мартынова, В. Н. Прокшиц. — Волгоград : Лицей, 2006. — 110 с.

60. Мастер-класс учителя химии: уроки с использованием ИКТ, лекции, семинары, тренинги, сценарии внеклассных мероприятий с использованием ИКТ, интерактивные игры. 8–11 классы : метод. пособие с электронным приложением. — М. : Планета, 2010. — 272 с.

61. *Матвеева, Э. Ф.* Поурочные разработки по химии с профессиональной направленностью по теме «Углерод и кремний» в средних профтехучилищах : метод. рекомендаций. — М. : Высш. шк., 1981. — 30 с.

62. *Матвеева, Э. Ф.* Некоторые возможности использования учебных заданий с экологическим содержанием : метод. рекоменд. по осуществлению межпредметных связей в процессе обучения предметам естественно-математического цикла. — Владимир : ВГПИ им. П. И. Лебедева-Полянского, 1984. — С. 107–110.

63. *Матвеева, Э. Ф.* Организация самостоятельной работы учащихся на уроках органической химии (задания для самостоятельных работ политехнического содержания) : метод. рекомендаций для студ. и стажеров. — Астрахань : АГПИ им. С. М. Кирова, 1988. — 28 с.

64. *Матвеева, Э. Ф.* Педагогическая практика в профессионально-методической подготовке студентов : монография / Э. Ф. Матвеева, Г. Н. Протасевич. — Астрахань : Издат. дом «Астраханский университет», 2010. — 168 с.

65. *Матвеева, Э. Ф.* К методике обучения решению расчетных задач // Химия в школе. — 2011. — № 7. — С. 47–52.

66. *Матвеева, Э. Ф.* Формирование системы химико-технологических знаний учащихся 8–9 классов школы / Э. Ф. Матвеева, Е. И. Тупикин, О. В. Рогожин // Известия Южного федерального университета. Педагогические науки. — 2012. — № 8. — С. 84–90.

67. *Матвеева, Э. Ф.* О формировании умения научно обоснованного прогнозирования / Э. Ф. Матвеева, Р. Насиров // Химия в школе. — 2012. — № 8. — С. 35–39.

68. *Матвеева, Э. Ф.* Природные комплексы: состав, структура, использование / Э. Ф. Матвеева, Р. Насиров // Химия в школе. — 2013. — № 9. — С. 6–9.

69. *Матвеева, Э. Ф.* Обучение студентов химического факультета приемам техники безопасности и охраны труда / Э. Ф. Матвеева, Т. А. Колесникова // Безопасность жизнедеятельности. — 2013. — № 10. — С. 47–52.

70. *Матвеева, Э. Ф.* Парное обучение в ходе формирования у учащихся химико-технологических знаний / Э. Ф. Матвеева, О. В. Рогожин, Т. А. Попова // Первые Всеросс. дидакт. чтения памяти В. К. Дьяченко : сб. науч.-метод. материалов ; под ред. Л. В. Бондаренко, О. В. Запятой. — Красноярск : КК ИПК, 2013. — С. 102–106.

71. *Матвеева, Э. Ф.* Виртуальное обучение как средство формирования естественнонаучного образовательного пространства : учеб.-метод. пособие / Э. Ф. Матвеева, В. С. Мкртчян, М. Д. Амре-ева ; под ред. Э. Ф. Матвеевой. — Астрахань : Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2014. — 120 с.

72. *Матвеева, Э. Ф.* Использование стандартов CDIO в практике обучения студентов педагогических специальностей // Изменения в образовании в XXI веке: лучшие международные практики и российский опыт. Как сформировать новаторское и предпринимательское мышление : материалы V Междунар. науч.-метод. конф. (г. Астрахань, апрель 2014 г.) / отв. ред. Г. П. Стефанова. — Астрахань : Издат. дом «Астраханский университет», 2014. — С. 146–148.

73. *Матвеева, Э. Ф.* Интегрированный урок (химия, физика, техника) для 9 класса по теме «Коррозия металлов» // Инженерная аксиология. Интегрированные системы воспитания ценностного отношения у школьников к профессии инженера ; под ред. А. Г. Козловой,

Е. Ю. Федотовой, Л. В. Крайновой [и др.]. — СПб. : Тайкун, 2016. — Вып. 3. — С. 133–142.

74. *Матвеева, Э. Ф.* Учебный проект по дисциплине «Реализация концепции CDIO в естественнонаучном образовании» / Э. Ф. Матвеева, Т. Д. Дедова, В. Ф. Федорова [и др.] // Актуальные проблемы естественнонаучной подготовки педагогов : сб. материалов VII Межрегион. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Астрахань, 15–17 ноября 2016 г.) / сост.: Э. Ф. Матвеева, С. Б. Носачев, Т. А. Колесникова ; под ред. Э. Ф. Матвеевой. — Астрахань : Издат. дом «Астраханский университет», 2016. — С. 141–144.

75. *Матвеева, Э. Ф.* Методика преподавания химии (инновационный курс) : учеб.-метод. пособие. — М. : КНОРУС : Астрахань : Издат. дом «Астраханский университет», 2016. — 208 с.

76. Методика преподавания химии : учеб. пособие для студ. вузов / под ред. Н. Е. Кузнецовой. — М. : Просвещение, 1984. — 415 с.

77. Методика проведения комплексных экскурсий в процессе обучения химии : метод. рекоменд. / сост. М. М. Александрова, Р. П. Суровцева. — М. : МГИУУ, 1984. — 50 с.

78. Методические рекомендации по краеведению (для студентов старших курсов и выпускников стажеров естественно-географического факультета АГПИ) / сост. М. А. Карибьянц. — Астрахань : АГПИ им. С. М. Кирова, 1982. — 21 с.

79. *Минченков, Е. Е.* Практическая дидактика в преподавании естественнонаучных дисциплин : учеб. пособие. — СПб. : Лань, 2016. — 496 с.

80. *Минченков, Е. Е.* Химия : учебник для 9 класса общеобразовательных учреждений / Е. Е. Минченков, А. А. Журин ; под ред. Е. Е. Минченкова. — Смоленск : Ассоциация XXI век, 2006. — 272 с.

81. *Минченков, Е. Е.* Химия. 11 класс : учебник для общеобразовательных учреждений (базовый уровень) / Е. Е. Минченков, А. А. Журин, П. А. Оржековский. — М. : Мнемозина, 2011. — 256 с.

82. *Назаренко, В. М.* Роль социальных, естественнонаучных и технических понятий в формировании экологических знаний // Химия в школе. — 1993. — № 2. — С. 37–41.

83. *Назаренко, В. М.* Экологизированный курс химии: от темы к теме // Химия в школе. — 1995. — № 2. — С. 29–33; 1996. — № 1. — С. 29–36.

84. *Насиров, Р. Н.* Эксперимент межпредметного характера на занятиях кружка / Р. Н. Насиров, Э. Ф. Матвеева, Г. К. Баймукашева // Химия в школе. — 2008. — № 4. — С. 64–70.

85. Научные принципы производства серной кислоты : метод. рекоменд. для студ. старших курсов и стажеров / сост. М. А. Карибьянц. — Астрахань : АГПИ, 1984. — 21 с.

86. Научные принципы производства аммиака : метод. рекоменд. для студ. старших курсов и стажеров / сост. М. А. Карибьянц. — Астрахань : АГПИ, 1993. — 28 с.

87. Научные принципы производства азотной кислоты : метод. рекоменд. для студ. старших курсов и стажеров / сост. М. А. Карибьянц. — Астрахань : АГПИ, 1992. — 32 с.

88. *Нифантьев, Э. Е.* Прикладные знания в курсе химии: анализ проблемы, предложения / Э. Е. Нифантьев, Н. Г. Парамонова // Химия в школе. — 1995. — № 5. — С. 15–17.

89. *Нифантьев, Э. Е.* Основы прикладной химии : учеб. пособие для студ. вузов / Э. Е. Нифантьев, Н. Г. Парамонова. — М. : ВЛАДОС, 2002. — 144 с.

90. Общая методика обучения химии в школе / Р. Г. Иванова, Н. А. Городилова, Д. Ю. Добротин [и др.] ; под ред. Р. Г. Ивановой. — М. : Дрофа, 2008. — 319 с. — (Российская академия образования — учителю).

91. Общая химическая технология: краткий курс лекций для студентов 3 курса направления подготовки 19.03.01 «Биотехнология» / А. В. Кондрашова. — Саратов : Саратовская ГАУ, 2016. — 64 с.

92. Общая химическая технология. Тестовые задания / сост. В. С. Бесков, В. И. Ванчурина, Ю. Л. Вяткин [и др.]. — М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2005. — 75 с.

93. *Огородник, В. Э.* Методика преподавания химии : практикум / В. Э. Огородник, Е. Я. Аршанский ; под ред. Е. Я. Аршанского. — Минск : Аверсэв, 2014. — 317 с.

94. *Ожегов, С. И.* Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. — М. : ИТИ ТЕХНОЛОГИИ, 2003. — 944 с.

95. *Пак, М. С.* Теория и методика обучения химии : учебник для вузов. — СПб. : РГПУ им. А. И. Герцена, 2015. — 306 с.

96. *Пичугина, Г. В.* Химия в технологиях сельского хозяйства. 8–11 классы : метод. пособие. — М. : ВЛАДОС, 2003. — 144 с. — (Библиотека учителя химии).

97. *Попова, Т. А.* Обучение расчетам в ходе ознакомления с задачами химико-технологической направленности / Т. А. Попова, Г. Г. Иркалиева, Э. Ф. Матвеева // Актуальные проблемы естественнонаучной подготовки педагогов : сб. материалов VII Межрегион.

науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Астрахань, 15–17 ноября 2016 г.) / сост. Э. Ф. Матвеева, С. Б. Носачев, Т. А. Колесникова ; под ред. Э. Ф. Матвеевой. — Астрахань : Издат. дом «Астраханский университет», 2016. — С. 156–159.

98. *Потапов, В. М.* Химия : учебник / В. М. Потапов, Г. П. Хомченко. — М. : Высш. шк., 1982. — 167 с.

99. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 210 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.03.01 Химия (уровень бакалавриата)» (зарег. Министерством юстиции Российской Федерации 7 апреля 2015 г., рег. № 36766) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/040301.pdf>.

100. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 04.12.2015 № 1426 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.03.01 Педагогическое образование (уровень бакалавриата)» (зарег. в Минюсте России 11.01.2016, рег. № 40536) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://consultant.ru>.

101. *Радецкий, А. М.* Химический тренажер: задания для организации самостоятельной работы учащихся 8–9 и 10–11 классов : пособие для учителя. — М. : Просвещение, 2008. — 128 с.

102. *Реан, А. А.* Психология и педагогика / А. А. Реан, Н. В. Боровская, С. И. Розум. — СПб. : Питер, 2007. — 432 с.

103. Резолюция Первого Всероссийского съезда учителей и преподавателей химии / Н. Е. Кузьменко // Химия в школе. — 2012. — № 6. — С. 2–5.

104. *Рудзитис, Г. Е.* Химия. Неорганическая химия. Органическая химия. 9 класс : учебник для общеобразовательных учреждений с прил. на электрон. носителе / Г. Е. Рудзитис, Ф. Г. Фельдман. — 16-е изд. — М. : Просвещение, 2012. — 191 с.

105. *Рудзитис, Г. Е.* Химия. Органическая химия. 10 класс : учебник для общеобразовательных учреждений с прил. на электрон. носителе: базовый уровень / Г. Е. Рудзитис, Ф. Г. Фельдман. — 15-е изд. — М. : Просвещение, 2012. — 192 с.

106. *Рудзитис, Г. Е.* Химия. Основы общей химии. 11 класс : учебник для общеобразовательных учреждений с прил. на электрон. носителе: базовый уровень / Г. Е. Рудзитис, Ф. Г. Фельдман. — 14-е изд. — М. : Просвещение, 2012. — 159 с.

107. *Савицкий, С. Н.* Сборник задач и упражнений по неорганической химии : учеб. пособие для сред. проф.-техн. училищ / С. Н. Савицкий, Н. П. Твердовский. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1981. — 112 с.

108. *Савич, Т. З.* Изучение закономерностей химических реакций : книга для учителя / Т. З. Савич, Т. С. Ярославцева, А. С. Корощенко. — М. : Просвещение, 1991. — 128 с.

109. *Серебряков, О. И.* Экологическая геология : учебник / О. И. Серебряков, В. В. Ларичев, В. И. Попков, А. О. Серебряков. — Астрахань : Издат. дом «Астраханский университет», 2008. — 254 с.

110. Скорость химических реакций. Химическое равновесие : метод. рекоменд. / сост. М. В. Мажитова. — Астрахань : Издат. дом «Астраханский университет», 2007. — 14 с.

111. *Слюсарская, Т. В.* Вопросы экономики при изучении полимеров / Т. В. Слюсарская, Л. И. Каданер, Л. С. Хургин // Химия в школе. — 1985. — № 4. — С. 40–42.

112. Современные тенденции развития химического образования / под общ. ред. В. В. Лунина. — Кишинэу — М. : Изд-во Моск. ун-та, 2005. — 161 с.

113. Современные тенденции развития химического образования: работа с одаренными школьниками : сб. / под общей ред. В. В. Лунина. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 2007. — 156 с.

114. *Сорокин, В. В.* Химия в тестах : пособие для школьников и абитуриентов / В. В. Сорокин, Э. Г. Злотников. — СПб. : СМАО Пресс, 2013. — 312 с.

115. *Стенина, Е. И.* Экологические аспекты использования мышьяковых отходов : монография / Е. И. Стенина, В. Г. Васильев, В. Д. Журавлев. — М. : МАКС Пресс, 2014. — 108 с.

116. Теория и методика обучения химии : учебник для студ. вузов / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, В. Г. Краснова [и др.] ; под ред. О. С. Габриеляна. — М. : Академия, 2009. — 384 с.

117. Технология переработки нефти : в 2 ч. / под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина. — М. : КолосС, 2006. — Ч. 1. Первичная переработка нефти. — 400 с.

118. *Тупикин, Е. И.* Общеобразовательная химическая подготовка учащихся в учреждениях начального профессионального образования: цели, научно-методические принципы, пути реализации : монография. — М. : АПО, 2002. — 108 с.

119. *Тупикин, Е. И.* Химия в строительстве : учеб. пособие для ссузов. — М. : Дрофа, 2010. — 174 с.

120. *Тупикин, Е. И.* Химия : учеб. пособие для ссузов. — М. : Дрофа, 2009. — 576 с.

121. *Тупикин, Е. И.* Система химико-технологических понятий — основа природоохранных компетенций и ее формирование у обучающихся в интегративных колледжах / Е. И. Тупикин, Э. Ф. Матвеева // Актуальные проблемы естественнонаучной подготовки педагогов : сб. материалов III Межрегион. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Астрахань, 8–10 ноября 2012 г.) / под ред. Э. Ф. Матвеевой. — Астрахань : Издатель Сорокин Роман Васильевич, 2012. — С. 14–17.

122. *Тупикин, Е. И.* Учителю о некоторых особенностях изучения химических производств в учебных заведениях среднего образования разных способов обучения / Е. И. Тупикин, Э. Ф. Матвеева // Актуальные проблемы естественнонаучной подготовки педагогов : сб. материалов VII Межрегион. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Астрахань, 15–17 ноября 2016 г.) / сост. Э. Ф. Матвеева, С. Б. Носачев, Т. А. Колесникова ; под ред. Э. Ф. Матвеевой. — Астрахань : Издат. дом «Астраханский университет», 2016. — С. 39–42.

123. *Тупикин, Е. И.* Изучение особенностей химических производств на примере серной и азотной кислот и их влияния на экологическую обстановку региона / Е. И. Тупикин, Э. Ф. Матвеева, Л. В. Корженевская // Инновационные идеи и методические решения в преподавании химии : материалы VII Всеросс. науч.-метод. конф. (16 ноября 2016 г.). — Иваново : Иванов. гос. хим.-технол. ун-т, 2016. — С. 131–133.

124. *Тупикин, Е. И.* Ситуационные задачи как средство формирования химической и химико-экологической компетентности выпускников учреждений общего и профессионального образования / Е. И. Тупикин, Н. В. Горбенко, Г. М. Карпов [и др.] // Актуальные проблемы химического естественнонаучного образования : сб. ст. — СПб. : Издат. дом «МИРС», 2010. — С. 54–56.

125. Усиление политехнической направленности обучения химии : книга для учителя: Из опыта работы / А. А. Каверина, И. В. Майорова, Н. Н. Буринская [и др.] ; под ред. А. А. Каверинной. — М. : Просвещение, 1987. — 127 с.

126. *Ушева, Н. В.* Математическое моделирование химико-технологических процессов : учеб. пособие / Н. В. Ушева, О. Е. Мойзес, О. Е. Митянина [и др.]. — Томск : Изд-во Томск. политех. ун-та, 2014. — 135 с.

127. Усова, А. В. Формирование учебно-познавательных умений в процессе изучения предметов естественного цикла // Физика. — 2006. — № 16. — С. 3–8.

128. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования // Министерство образования и науки РФ. — М. : Просвещение, 2011. — 48 с.

129. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования // Серия стандарты второго поколения. — М. : Просвещение, 2012. — 46 с.

130. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования Уровень высшего образования. Бакалавриат. Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (утв. Приказом Министерства образования и науки РФ от 4 декабря 2015 г. № 1426) [Электронный ресурс] // Система ГАРАНТ. — Режим доступа: <http://base.garant.ru/71300970/#ixzz4FOuFG7dH>.

131. Формирование универсальных учебных действий в основной школе: от действия к мысли. Система заданий : пособие для учителя / А. Г. Асмолов, Г. В. Бурменская, И. А. Володарская [и др.] ; под ред. А. Г. Асмолова. — 2-е изд. — М. : Просвещение, 2011. — 159 с.

132. Фундаментальное ядро содержания общего образования / под ред. В. В. Козлова, А. М. Кондакова. — М. : Просвещение, 2014. — 79 с.

133. Химия и общество : пер. с англ. / под ред. М. Ю. Гольдфельда. — М. : Мир, 1995. — 560 с.

134. Химия и современность : пособие для учителя / Ю. Д. Третьяков, С. Д. Варфоломеев, И. В. Казимирчик [и др.] ; под ред. Ю. Д. Третьякова. — М. : Просвещение, 1985. — 223 с.

135. Химия : справ. издание : пер. с нем. / В. Шретер, К.-Х. Лаутеншлегер, Х. Бибрак [и др.]. — М. : Химия, 1989. — Пер. изд.: ГДР, 1986. — 648 с.

136. Химия. 8–11 классы: рабочие программы по учебникам О. С. Габриеляна / авт.-сост. Г. И. Маслакова, Н. В. Сафронов. — Волгоград : Учитель, 2014. — 203 с.

137. Химия. ЕГЭ–2017. 10–11 классы. Тематический тренинг. Задания базового и повышенного уровней сложности : учеб.-метод. пособие / под ред. В. Н. Доронькина. — Ростов н/Д : Легион, 2016. — 640 с. — (ЕГЭ).

138. Хомченко, И. Г. Сборник задач по химии. — М. : Новая волна, 2006. — 255 с.

139. *Цветков, Л. А.* Изучение полимеров в средней школе : пособие для учителей химии. — М. : Изд-во АПН РСФСР, 1960. — 144 с.
140. *Цветков, Л. А.* Об изучении синтетических высокомолекулярных веществ и полимерных материалов // Химия в школе. — 1986. — № 4. — С. 26–28.
141. *Цветков, Л. А.* Преподавание органической химии в средней школе : пособие для учителя химии. — М. : Просвещение, 1988. — 240 с.
142. *Цветков, Л. А.* Органическая химия : учебник для учащихся 10–11 классов общеобразовательных учеб. заведений. — М. : ВЛАДОС, 1999. — 280 с.
143. *Чернобельская, Г. М.* Теория и методика обучения химии. — М. : Дрофа, 2010. — 336 с.
144. *Чернобельская, Г. М.* Методика решения комплексных учебных химико-валеологических проблем в курсе неорганической химии средней школы / Г. М. Чернобельская, Н. Ю. Суханова // Наука и школа. — 2002. — № 1. — С. 21–31.
145. *Чертков, И. Н.* Химия. 10 класс. Профильный уровень : учебник для общеобразовательных учреждений. — М. : Дрофа, 2008. — 479 с.
146. *Шаповаленко, С. Г.* Методика обучения химии. — М. : Учпедгиз, 1963. — 668 с.
147. *Шаталов, М. А.* Система методической подготовки учителя химии на основе проблемно-интегративного подхода : монография. — СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2004. — 103 с.
148. *Швалёв, Ю. Б.* Общая химическая технология. Химические процессы и реакторы : учеб. пособие / Ю. Б. Швалёв, В. В. Коробочкин. — Томск : Изд-во ТПУ, 2008. — 180 с.
149. *Шелинский, Г. И.* Основы теории химических процессов : пособие для учителя. — М. : Просвещение, 1989. — 192 с. — (Библиотека учителя химии).
150. Элективный курс. Химия и охрана окружающей среды. 10 класс / сост. И. Н. Баланова. — Волгоград : Корифей, 2007. — 128 с.
151. Элективный курс. Химические вещества — строительные материалы. 9 класс / сост. С. В. Бочарова. — Волгоград : Корифей, 2007. — 96 с.
152. *Эльконин, Б. Д.* Психология развития : учеб. пособие для студ. вузов. — М. : Академия, 2001. — 144 с.

153. Энциклопедический словарь юного земледельца / сост. А. Д. Джахангиров, В. П. Кузьмищев. — М. : Педагогика, 1983. — 368 с.

154. Энциклопедический словарь юного химика / сост. В. А. Крицман, В. В. Станцо. — М. : Педагогика, 1982. — 368 с.

155. *Эпштейн, Д. А.* Химия в промышленности : учеб. пособие по факультативному курсу для учащихся 9–10 классов. — 3-е изд., перераб. — М. : Просвещение, 1983. — 190 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| Глава 1. Изучение основ химического производства на занятиях в средних общеобразовательных организациях | 7 |
| 1.1. Психолого-педагогические и методические основы химико-технологических знаний в школьном курсе химии | 7 |
| Задания для самостоятельной работы | 13 |
| 1.2. Раскрытие в школьном курсе химии научных принципов химического производства и возможностей управления химическими процессами | 13 |
| Задания для самостоятельной работы | 18 |
| Глава 2. Важнейшие понятия химической технологии | 20 |
| 2.1. Основные технологические понятия | 20 |
| Задания для самостоятельной работы | 22 |
| 2.2. Важнейшее технологическое оборудование, применяемое в химической технологии | 23 |
| 2.2.1. Теплообменники | 23 |
| 2.2.2. Скрубберы | 27 |
| 2.2.3. Некоторые типы реакторов | 28 |
| 2.2.4. Насосы, центрифуги и другое оборудование | 30 |
| Задания для самостоятельной работы | 33 |
| Предметный тест к главе 2 | 34 |
| Глава 3. Методика изучения основ химических производств в средней школе. Обобщение и систематизация знаний о промышленных производствах и химизации сельского хозяйства | 36 |
| 3.1. Metallургическое производство. Промышленное получение и применение некоторых неорганических соединений | 36 |
| География производства чугуна и стали | 36 |
| 3.1.1. Общие сведения о производстве чугуна | 37 |
| Задания для самостоятельной работы | 41 |
| 3.1.2. Общие сведения о производстве стали | 41 |
| Задания для самостоятельной работы | 45 |
| 3.1.3. Производство алюминия | 45 |
| Задания для самостоятельной работы | 49 |
| 3.1.4. Производство аммиака | 49 |
| Задания для самостоятельной работы | 52 |
| 3.1.5. Производство азотной кислоты | 52 |
| Задания для самостоятельной работы | 55 |

| | |
|--|-----|
| 3.1.6. Производство серной кислоты..... | 56 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 59 |
| 3.1.7. Производство калийных удобрений — пример туковых производств | 59 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 62 |
| 3.1.8. Силикатная промышленность. Производство простого стекла | 63 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 64 |
| 3.1.9. Производство цемента..... | 65 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 66 |
| 3.2. Промышленное получение и применение некоторых органических соединений | 67 |
| 3.2.1. Нефтепереработка как пример производства органических веществ | 67 |
| Сырье для каталитического крекинга (дополнительный материал)..... | 74 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 76 |
| 3.2.2. Способы получения ацетилена..... | 76 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 78 |
| 3.2.3. Промышленный синтез метанола..... | 78 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 79 |
| 3.2.4. Промышленный синтез этанола | 80 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 83 |
| 3.2.5. Производство сахарозы | 84 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 85 |
| 3.2.6. Получение ацетатного волокна..... | 86 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 88 |
| Глава 4. Дидактические формы, методы и средства изучения химического производства..... | 89 |
| 4.1. Примеры построения уроков при изучении конкретных химических производств | 89 |
| Вопросы | 91 |
| Задание 1 | 92 |
| Задание 2 | 92 |
| Урок. Природные источники углеводов (интегрированный урок) — 10 класс (I курс техникума или колледжа)..... | 94 |
| Полимеры..... | 98 |
| Учебные пособия | 98 |
| Ход урока..... | 101 |

| | |
|--|-----|
| Карточка 1 | 102 |
| Карточка 2 | 103 |
| Карточка 3 | 104 |
| Карточка 4 | 104 |
| Карточка 5 | 105 |
| Карточка 6 | 106 |
| ИК-1. Свойства полиэтилена и его применение | 107 |
| ИК-2. Мочевино-формальдегидные смолы и пластмассы | 107 |
| ИК-3. Полипропиленовое волокно | 108 |
| ИК-4. Свойства полистирола и его применение | 109 |
| ИК-5. Свойства поливинилхлорида и его применение | 109 |
| ИК-6. Свойства полихлоропренового каучука и его применение | 110 |
| ИК-7. Нитрон — синтетическое волокно | 110 |
| Инструкция к лабораторной работе 1 | 111 |
| Инструкция к лабораторной работе 2 | 111 |
| Инструкция к лабораторной работе 3 | 112 |
| Задания | 112 |
| 4.2. Формы и методы использования краеведческого аспекта в заданиях с производственным содержанием по химии. Методика проведения экскурсии на химическое производство | 117 |
| Текст 1 | 118 |
| Общие сведения об Астраханской области как объекте недропользования | 118 |
| Текст 2 | 120 |
| Минерально-сырьевая база | 120 |
| Карточки для парного изучения темы «Соединения серы» | 121 |
| Тема: «Соединения серы. Серная кислота» | 122 |
| Методика проведения экскурсии на химическое производство | 124 |
| Заключение | 129 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 131 |
| Приложение 1. Опорные конспекты по химическим производствам (педагогический опыт) из опыта работы Н. А. Гневиной — народного учителя России, МБОУ г. Астрахани «СОШ № 39» | 131 |
| Производство серной кислоты контактным способом | 133 |
| Производство аммиака | 135 |

| | |
|---|-----|
| Приложение 2. Химическая промышленность в Астраханской области (некоторые материалы сайта Министерства промышленности, транспорта и природных ресурсов Астраханской области) | 136 |
| Приложение 3. Ресурсы Астраханской области: | |
| минерально-сырьевая база, возможности недропользования | 139 |
| Минерально-сырьевая база. Полезные ископаемые и минеральные ресурсы в комплексе составляют минерально-сырьевую базу нашей территории и во многом определяют экономический потенциал области | 139 |
| Нефть, газ, конденсат | 140 |
| Соль поваренная | 143 |
| Подземные воды и лечебные грязи | 144 |
| Приложение 4. Задания с производственным содержанием в системе подготовки к ОГЭ и ЕГЭ по химии | 148 |
| Примеры заданий ОГЭ по химии | 149 |
| Примеры заданий ЕГЭ по химии | 152 |
| Приложение 5. Ответы к тестовым заданиям | 157 |
| Ответы к заданиям ОГЭ и ЕГЭ | 157 |
| Ответы к заданиям для самостоятельной работы | 158 |
| Список рекомендуемой литературы | 160 |

*Эльвира Фаридовна МАТВЕЕВА,
Евгений Иванович ТУПИКИН*

**МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ
ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ
ПО ХИМИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВАМ**

Учебно-методическое пособие

Издание второе, исправленное

Редакция
естественнонаучной литературы
Ответственный редактор *Т. С. Спирина*
Подготовка макета *А. С. Шляго*
Корректор *Е. А. Романова*
Выпускающий *Т. А. Быченкова*

ЛР № 065466 от 21.10.97
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com
196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 1, лит. А
Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Подписано в печать 13.12.19.
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 84×108^{1/32}.
Печать офсетная. Усл. п. л. 9,45. Тираж 100 экз.

Заказ № 064-20.

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета
в АО «Т8 Издательские Технологии».
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.