Лекция 4. Химия и энергетика. Сырье. Энергия. Вода.

План лекции:

1. Химия и энергетика.
2. Сырье.
3. Энергия.
4. Вода в химических производствах.

1. Химия и энергетика.

Водные ресурсы земли очень обширны: мировой океан, ледники, реки, атмосферная влага, грунтовые воды. В то же время человечество ежегодно тратит 7 млрд. т. воды, расход воды в промышленности достаточно велик 50-130 м3 на 1 тонну продукции. 85-90% воды используется в производственных циклах многократно и без выбросов в окружающую среду. Вода в технологии может служить для охлаждения (не соприкасается с материальными потоками) – охлаждающая вода.

Технологическая вода – вода, используемая для растворения, фильтрации и т.д., т.е. соприкасается с материальными потоками. Такая вода нуждается в последующей очистке. Энергетическая вода - рабочее тело для передачи теплоты (например, нагревают при помощи пара). Наконец, вода может быть непосредственным участником синтеза (производство водорода, например). Природная вода всегда содержит соли, органические соединения (гумус), взвеси, коллоидные частицы, микроорганизмы, растворенные газы. Воду для промышленности предварительно подготавливают. Ее отстаивают для осаждения крупных частиц, умягчают, обессоливают и дегазуют. Используют и другие способы очистки: коагуляция, хлорирование, дистилляция, вымораживания и т.д.

Самые многотоннажные материалы: древесина, пластики.

Базовые вещества производят всего из 10 видов сырья.

1) Вода.

2) Воздух. Из воздуха получают кислород и азот

3) Природный газ (метан).

Из природного газа получают углекислый газ и водород

4) Нефть

5) Сера (а также пирит).

Из серы получают серную кислоту, большая часть которой идет на удобрения

6) Fe_2O_3 и Fe_3O_4.

Получение железа, сплавов

7) Al_2O_3. Получение Al

8) $CaCO_3$, $CaSiO_3$.

Получение конструкционных материалов, цемента

9) KCl для удобрений (калийное сырье)

10) SiO_2 строительный материал

11) Фосфорное сырье.

Связь между химией и энергетикой настолько глубока и всепроникающа, что часто остается незамеченной за повседневными вещами. Когда мы включаем свет, заправляем автомобиль или пользуемся отоплением, мы редко задумываемся о том, что все эти блага цивилизации – результат сложнейших химических превращений. Энергетика потребляет огромное количество продуктов химической переработки, а химическая промышленность, в свою очередь, является одним из крупнейших потребителей энергии.

Но главное – химия лежит в основе всех современных способов получения, хранения и преобразования энергии. Ископаемое топливо, водородная энергетика, аккумуляторы, топливные элементы, ядерное топливо – все это в той или иной мере связано с химическими процессами. В этой лекции мы рассмотрим три кита, на которых держится современная цивилизация, – сырье, энергию и воду – и выясним, какую роль в их взаимосвязи играет химия.

Химическое производство – совокупность процессов переработки сырья в нужные продукты с использованием химических превращений, осуществляемых в предназначенных для этого машинах и аппаратах. Химико-технологический процесс – последовательность химических и физико-химических процессов целенаправленной переработки исходных веществ в продукт.

Ключевые стадии химического производства

• Подготовка сырья

• Переработка сырья

• Выделение основного продукта
• Очистка и утилизация отходов
Основные элементы химического производства
• Исходное сырье
• Материалы
• Энергия
• Вода
• Система управления

2. Сырье.

Сырье – это то, что добывается из природы и затем перерабатывается в полезные продукты. Для химической энергетики основным видом сырья долгое время были ископаемые углеводороды: уголь, нефть и природный газ. Они представляют собой остатки древних живых организмов, которые под воздействием высокого давления и температуры в течение миллионов лет превратились в сложные смеси органических соединений. Химия дает нам ключ к тому, чтобы извлечь из этого сырья максимальную пользу.

Нефть перерабатывается на нефтеперерабатывающих заводах методом ректификации, крекинга, риформинга и алкилирования. В результате получаются не только топлива – бензин, керосин, дизельное топливо и мазут, – но и тысячи других продуктов: пластмассы, синтетические волокна, каучуки, растворители, смазочные материалы, битумы и многое другое. Глубокая переработка нефти позволяет довести выход светлых нефтепродуктов до восьмидесяти процентов и более. Природный газ, состоящий в основном из метана, используется не только как топливо для тепловых электростанций и коммунально-бытовых нужд, но и как сырье для получения водорода, ацетилена, метанола, аммиака и других базовых химических продуктов. Уголь, который сегодня во многих странах уступает место нефти и газу, тем не менее остается важным сырьем для энергетики в Китае, Индии, США и некоторых других странах.

Однако ископаемое сырье обладает двумя фундаментальными недостатками.

Во-первых, оно невозобновимо – его запасы ограничены, и рано или поздно они будут исчерпаны. По разным оценкам, при современных темпах

потребления нефти ее хватит на пятьдесят-семьдесят лет, газа – на сто-сто пятьдесят лет, угля – на двести-триста лет.

Во-вторых, сжигание ископаемого топлива приводит к выбросу углекислого газа в атмосферу, что является основной причиной парникового эффекта и глобального изменения климата. Именно поэтому химики и энергетики сегодня активно ищут альтернативные источники сырья – биомассу, отходы, а также способы улавливания и утилизации углекислого газа.

Исходное сырье

Источники сырья

• Природное сырье:

1) Минеральное сырье: рудное (породы, содержащие металлы), нерудное (породы, содержащие соли), горючее (углеродсодержащие).

2) Воздух, вода

3) Растительное сырье

4) Животное сырье

• Полупродукты: продукты других производств (например, аммиак, метанол)

• Вторичное сырье: отходы производства или отходы потребления

Природное сырье Самые обширные технологические производства базируются на восьми элементах таблицы Менделеева, содержание которых в земной коре больше 1%. Это кислород, азот, алюминий, железо, кальций, натрий, магний, калий. Содержание других элементов в земной коре ограничено, и это является одним из естественных ограничений в развитии технологий. Более того, человек нерационально извлекает

Полупродукты. Это сырьевые ресурсы из продуктов или промежуточных продуктов других химических производств.

Водород синтезируют из метана и воды. Азот получают из воздуха. Из полученных азота и водорода производят аммиак – важнейший полупродукт в химическом производстве. Из аммиака и углекислого газа получают карбамид, азотную кислоту и селитру, а также азотные удобрения. Кроме этого, из водорода, углекислого газа или CO производят метанол, из которого синтезируют формальдегид. Из карбамида и формальдегида получают

материалы: карбамид-формальдегидные смолы и меламин-формальдегидные смолы.

Энергетические ресурсы химических производств.

При проведении химических процессов энергия затрачивается на осуществление химических превращений, на подготовку сырья, на выделение продукта, на транспортировку продуктов и вспомогательных материалов, на сжатие газов и т.д. Больше всего энергии расходуется в тепло- и массообменных процессах, в химических реакторах. Наиболее энергоемкими химико-технологическими производствами являются: получение волокон, получение аммиака, получение полимеров (проводят крекинг легкого бензина, полученные фракции C_2, C_3, C_4 и т.д. необходимо разделить, на что расходуется много энергии), получение каустической соды. Большая часть энергии получается сжиганием углеродсодержащего топлива.

Основные источники энергии – это полезные ископаемые: торф, горючие сланцы, каменные и бурые угли, нефть, природный газ, природные битумы. Полезные ископаемые – это всего 0.02% углерода в земной коре, основная часть >99% углерода находится в виде карбонатов. Также используют гидроэнергию, ядерную энергию, энергию ветра. Более 90% нефти расходуется как топливо, и только 10% идет на химическую переработку. Такой расход является очень нерациональным и расточительным. Для оценки энергетических эквивалентов полезных ископаемых их удельные энергоемкости сравнивают с условным топливом, теплота сгорания 1 кг условного топлива равна 29,3 МДж.

3. Энергия.

Энергия существует в разных формах – химической, тепловой, электрической, механической, ядерной, световой. Задача энергетики – превращать одну форму энергии в другую, более удобную для использования.

Химическая энергия, запасенная в связях между атомами в молекулах, – это именно та форма, которая наиболее удобна для хранения и транспортировки. Когда мы сжигаем метан или бензин, химическая энергия превращается в тепловую, затем в механическую (в двигателе) и, наконец, в электрическую (на генераторе). Коэффициент полезного действия такого преобразования, к сожалению, невелик – у бензинового двигателя внутреннего

сгорания он составляет около двадцати-тридцати процентов, у дизельного – до сорока, у газотурбинных установок на электростанциях – до пятидесяти-шестидесяти процентов. Основные потери приходятся на тепло, которое уходит в окружающую среду. Поэтому одним из направлений химической энергетики является поиск способов прямого превращения химической энергии в электрическую, минуя стадию теплоты. Такие устройства называются топливными элементами.

В топливном элементе водород и кислород реагируют электрохимически, порождая электрический ток, воду и тепло.

КПД топливных элементов может достигать шестидесяти-восьмидесяти процентов, они не производят вредных выбросов, работают бесшумно и могут быть масштабированы от портативных зарядок для телефонов до стационарных электростанций мегаваттного класса. Однако широкому распространению топливных элементов мешают высокая стоимость катализаторов (обычно платина), проблемы с хранением водорода и недостаточно развитая инфраструктура.

Особого внимания заслуживает водородная энергетика. Водород – идеальное энергоноситель, потому что при его сгорании или электрохимическом окислении образуется только вода. Он обладает высочайшей удельной теплотой сгорания на единицу массы – примерно в три раза выше, чем у бензина. Но проблема в том, что в чистом виде водород в природе практически не встречается. Его нужно производить. Сегодня более девяноста пяти процентов водорода получают из ископаемого сырья: паровой конверсией метана ($CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$) или газификацией угля. При этом неизбежно выделяется углекислый газ, так что такой водород называют «серым» или «голубым», если CO_2 улавливают и закачивают в геологические формации.

По-настоящему «зеленым» водород считается только в том случае, если его получают электролизом воды с использованием электроэнергии из возобновляемых источников – солнца, ветра, воды или геотермальной энергии. Электролиз воды – это химический процесс разложения воды на водород и кислород под действием электрического тока. Если этот ток произведен ветряной турбиной или солнечной панелью, то мы имеем замкнутый экологически чистый цикл: возобновляемая энергия →

электричество → водород → хранение → топливный элемент → электричество и вода.

Водород можно сжижать, хранить под давлением в баллонах или связывать в химические соединения, например, в гидриды металлов. Это делает водород удобным буфером, позволяющим накапливать избыточную энергию от нестабильных возобновляемых источников и отдавать ее в периоды пикового спроса.

Однако водородная энергетика сталкивается с серьезными технологическими вызовами: низкая плотность энергии по объему (даже в сжиженном виде), хрупкость материалов при контакте с водородом (водородное охрупчивание), высокая стоимость электролизеров и топливных элементов, а также взрывобезопасность. Тем не менее многие страны, включая Россию, Германию, Японию и Корею, рассматривают водород как ключевой элемент будущей низкоуглеродной энергетики.

Химия и энергетика тесно связаны и через проблемы аккумулирования энергии. Электроэнергию трудно запасать в больших количествах. Гидроаккумулирующие станции требуют специального рельефа, сжатый воздух – подземных хранилищ. Химические аккумуляторы и батареи – это устройства, которые непосредственно превращают химическую энергию в электрическую и обратно. Литий-ионные аккумуляторы, без которых немыслимы современные смартфоны, ноутбуки и электромобили, работают за счет обратимого внедрения ионов лития в кристаллическую решетку электродов. Постоянно ведутся исследования по созданию аккумуляторов нового поколения – литий-серных, натрий-ионных, твердотельных, а также проточных батарей для стационарного хранения энергии.

Все это – задачи прикладной химии материалов. Химическая наука разрабатывает новые электродные материалы, электролиты, сепараторы, которые должны быть дешевыми, безопасными, долговечными и обладать высокой энергоемкостью.

4. Вода в химических производствах

Водные ресурсы земли очень обширны: мировой океан, ледники, реки, атмосферная влага, грунтовые воды. В то же время человечество ежегодно тратит 7 млрд. т. воды, расход воды в промышленности достаточно велик 50-130 м3 на 1 тонну продукции. 85-90% воды используется в производственных

циклах многократно и без выбросов в окружающую среду. Вода в технологии может служить для охлаждения (не соприкасается с материальными потоками) – охлаждающая вода.

Технологическая вода – вода, используемая для растворения, фильтрации и т.д., т.е. соприкасается с материальными потоками. Такая вода нуждается в последующей очистке. Энергетическая вода - рабочее тело для передачи теплоты (например, нагревают при помощи пара). Наконец, вода может быть непосредственным участником синтеза (производство водорода, например). Природная вода всегда содержит соли, органические соединения (гумус), взвеси, коллоидные частицы, микроорганизмы, растворенные газы. Воду для промышленности предварительно подготавливают. Ее отстаивают для осаждения крупных частиц, умягчают, обессоливают и дегазуют. Используют и другие способы очистки: коагуляция, хлорирование, дистилляция, вымораживания и т.д.

Самые многотоннажные материалы: древесина, пластики.

Базовые вещества производят всего из 10 видов сырья.

1) Вода.

2) Воздух. Из воздуха получают кислород и азот

3) Природный газ (метан).

Из природного газа получают углекислый газ и водород

4) Нефть

5) Сера (а также пирит).

Из серы получают серную кислоту, большая часть которой идет на удобрения

6) Fe_2O_3 и Fe_3O_4.

Получение железа, сплавов

7) Al_2O_3. Получение Al

8) $CaCO_3$, $CaSiO_3$.

Получение конструкционных материалов, цемента

9) KCl для удобрений (калийное сырье)

10) SiO2 строительный материал

11) Фосфорное сырье.

Третий важнейший элемент, который связывает химию и энергетику, – это вода. Вода играет в энергетике три главные роли. Первая роль –

теплоноситель. На тепловых и атомных электростанциях вода в паровом цикле переносит тепло от источника (сжигаемого топлива или ядерного реактора) к турбине и затем к конденсатору. Для охлаждения конденсаторов электростанций требуются огромные объемы воды – тысячи кубометров в секунду. Вторая роль – рабочий газ для гидроэлектростанций, где потенциальная энергия воды, запасенная в водохранилище, превращается в электричество. Третья роль – сырье для производства водорода электролизом. Но вода – это не только ресурс, но и проблема. Охлаждающая вода, сбрасываемая после использования, оказывается теплее на несколько градусов, что ведет к тепловому загрязнению водоемов.

Вода, контактирующая с продуктами сгорания топлива, загрязняется кислотами, тяжелыми металлами и другими токсичными веществами. Водоподготовка для энергетики – это крупная отрасль прикладной химии. Вода должна быть очищена от механических примесей, солей жесткости, растворенных газов, органических веществ и микроорганизмов. Ионообменные смолы, мембранная фильтрация, обратный осмос, термическая дистилляция – все эти методы разработаны химиками и химиками-технологами. Кроме того, водородный показатель pH воды строго контролируется, чтобы избежать коррозии труб и оборудования. Химические реагенты – ингибиторы коррозии, антинакипины, биоциды – добавляются в воду для защиты энергетических установок.

В последние десятилетия сформировалась концепция «водородной экономики», в которой вода рассматривается как универсальный циклический носитель. Исходно вода электролизуется с получением водорода и кислорода. Водород используется в топливных элементах или сжигается, снова образуя воду. В идеале этот цикл не потребляет никакого сырья, кроме возобновляемой энергии, и не производит никаких отходов. Однако в реальном мире цикл не является полностью замкнутым из-за потерь воды на утечки, испарение и неполное улавливание. Кроме того, для электролиза нужна очень чистая вода – деионизированная и лишенная растворенных газов, что само по себе требует энергозатрат.

Подводя итог, можно сказать, что взаимосвязь химии и энергетики через сырье, энергию и воду определяет лицо современной цивилизации и будет определять ее будущее. Сегодня мы стоим на пороге великого перехода от

углеводородной энергетики к возобновляемой и водородной. Этот переход невозможен без новых химических материалов, катализаторов, процессов разделения и очистки. Химия должна ответить на вызовы времени: создать эффективные и дешевые катализаторы для электролиза воды и топливных элементов, разработать безопасные и емкие аккумуляторы, научиться перерабатывать углекислый газ в полезные продукты, найти способы утилизации отходов энергетики и очистки загрязненных вод. Одновременно энергетика должна стать более гибкой, распределенной и интегрированной с химическими производствами.

Например, избыточная электроэнергия от солнечных панелей в дневное время может использоваться для электролиза воды, а полученный водород – ночью для выработки электроэнергии или как сырье для химического завода. Такие системы называются Power-to-X, где X может быть газом, жидкостью, теплом или химическим продуктом. Это и есть энергохимическая интеграция будущего. Студент, изучающий химическую технологию, должен понимать, что его профессия лежит в самом центре решения глобальных проблем человечества: обеспечения энергией, чистой водой и сырьем при сохранении окружающей среды. Знание того, как связаны химия, сырье, энергия и вода, дает ключ к созданию устойчивой, безопасной и процветающей цивилизации.

Контрольные вопросы:

1. Какие три основных вида ископаемого углеводородного сырья используются в энергетике и химической промышленности? Охарактеризуйте их происхождение.
2. Какие химические процессы лежат в основе переработки нефти в топлива и другие продукты? Назовите хотя бы три процесса.
3. Что такое альтернативное сырье для энергетики? Приведите примеры использования биомассы, отходов или углекислого газа.
4. В каких формах существует энергия? Какие превращения энергии происходят при сжигании бензина в автомобильном двигателе?
5. Почему топливные элементы не получили пока массового распространения, несмотря на высокий КПД и экологичность?
6. Что такое «прямое превращение химической энергии в электрическую»? Какие устройства это реализуют?
7. Почему водород считается идеальным энергоносителем с точки зрения экологии? Какой продукт образуется при его окислении?
8. Каковы основные способы промышленного получения водорода? Какой из них является «зеленым», а какой – «серым» или «голубым»?

9. Что такое электролиз воды? Напишите суммарное уравнение реакции. Какие условия (среда, электроды, напряжение) необходимы для его проведения?

10. Почему для получения «зеленого» водорода необходима электроэнергия из возобновляемых источников?

Рекомендуемая литература:

1. Игнатенков, В. И. Общая химическая технология: теория, примеры, задачи: учебник для вузов / В. И. Игнатенков. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 195 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09222-6. — Текст: электронный. — URL: https://urait.ru/bcode/583768

2. Кутяшева Н.В. Лабораторный практикум по прикладной химии, химической технологии и экологической безопасности: учебное пособие / Кутяшева Н.В., Курочкина Г.И., Грачев М.К. — Москва: Московский педагогический государственный университет, 2023. — 60 с. — ISBN 978-5-4263-1239-5. — Текст: электронный. — URL: https://www.iprbookshop.ru/139168.html

3. Общая химическая технология: методические указания / составители Л. Ч. Гагиева, М. Ю. Кабулова. — Владикавказ: Горский ГАУ, 2025. — 72 с. — Текст: электронный. — URL: https://e.lanbook.com/book/504195

4. Григорьева Л.С. Прикладная химия: учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки «Строительство» / Григорьева Л.С., Орлова А.М., Трифонова О.Н. — Москва: МИСИ-МГСУ, Ай Пи Ар Медиа, ЭБС АСВ, 2024. — 216 с. — ISBN 978-5-7264-3459-9. — Текст: электронный. — URL: https://www.iprbookshop.ru/140504.html