СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

10 класс

Происхождение, состав и свойства нефти

Нефть и природный газ как важнейшие топливно-энергетические и химические ресурсы современного мира. Сходство и различия нефти и газа по агрегатному состоянию, составу, способам добычи, транспортировки и переработки. Основные направления использования углеводородного сырья в энергетике, транспорте и химической промышленности. Значение отрасли для хозяйства стран и регионов.

История открытия и использования нефти и газа: от природных выходов и простейших способов применения до промышленной добычи, нефтепереработки и глобальной инфраструктуры. Изменение роли нефти и газа в ходе промышленного и научно-технического развития. Формирование представления о взаимосвязи природных ресурсов, технологий и территориальной организации хозяйства.

Биогенная и абиогенная гипотезы происхождения нефти. Исходные положения, аргументы и ограничения каждой гипотезы. Геологические условия формирования и сохранения залежей: осадочные бассейны, породы-коллекторы, покрышки и ловушки. Понятие месторождения, залежи и нефтегазоносного бассейна. Факторы, определяющие размещение районов добычи.

Химический состав нефти. Алканы, циклоалканы, ароматические углеводороды; смолы, асфальтены, серо-, азот- и кислородсодержащие компоненты. Влияние состава на цвет, плотность, вязкость, запах, температуру застывания и технологические свойства сырья. Классификация нефти по плотности, содержанию серы, углеводородному составу, качеству и происхождению.

Добыча и транспортировка нефти

Физические и химические свойства нефти и ее компонентов, значимые для добычи и транспортировки: плотность, вязкость, текучесть, испаряемость, горючесть, растворимость и склонность к образованию эмульсий. Методы исследования доступных модельных образцов. Правила безопасной работы с жидкими углеводородными материалами и корректное описание результатов наблюдений.

Поиск и разведка месторождений. Скважина и основные стадии бурения. Первичные способы извлечения нефти за счет пластовой энергии, вторичные методы поддержания давления, третичные методы повышения нефтеотдачи. Влияние свойств пласта и нефти на выбор технологии. Сопоставление эффективности, ресурсоемкости и экологических рисков различных способов добычи.

Нетрадиционные источники и методы добычи: сланцевая и тяжелая нефть, нефтеносные пески и природные битумы. Особенности залегания, подготовки сырья и технологических операций.

Транспортировка нефти трубопроводным, морским, железнодорожным и автомобильным транспортом. Устройство и принцип действия модельной транспортной системы, влияние вязкости, давления и рельефа. Хранение нефти и нефтепродуктов, перевалочные терминалы, танкеры. Причины аварийных разливов, способы предупреждения утечек и первоначальные меры локализации загрязнения.

Первичная и вторичная переработка нефти

Назначение нефтепереработки и подготовка сырья: удаление воды, механических примесей и растворенных солей. Первичная переработка как физическое разделение нефти на фракции. Температурные интервалы кипения, принцип ректификации, устройство ректификационной колонны. Атмосферная перегонка и назначение получаемых фракций.

Вторичная переработка нефти как совокупность процессов изменения строения углеводородов. Термический и каталитический крекинг, риформинг, изомеризация и гидроочистка. Цели процессов: увеличение выхода моторных топлив, повышение их качества, удаление нежелательных примесей, получение сырья для органического синтеза.

Роль катализаторов в нефтепереработке. Влияние температуры, давления, состава сырья и катализатора на направление и скорость превращений. Материальные потоки нефтеперерабатывающего предприятия, комплексное использование фракций и вторичных продуктов. Сравнение первичных и вторичных процессов по исходному сырью, типу превращения и получаемым продуктам.

Нефтепродукты и направления использования

Основные нефтяные фракции и продукты их переработки: углеводородные газы, бензиновые и керосиновые фракции, дизельные топлива, масла, парафины, битумы и нефтяной кокс. Соответствие состава и физических свойств назначению продукта. Показатели качества жидких топлив, их летучесть, плотность, вязкость и воспламеняемость.

Двигательное, энергетическое и бытовое топливо. Марки топлива и назначение присадок. Детонационная стойкость бензина, низкотемпературные свойства дизельного топлива, требования к хранению и безопасному обращению.

Нефтехимия и получение сырья для производства пластмасс, синтетических каучуков, волокон, моющих средств, растворителей, лакокрасочных материалов и отдельных компонентов удобрений. Основные направления переработки низших алканов и алкенов. Связь между химическим строением исходного вещества, свойствами полимера и назначением готового изделия.

Технологии производства изделий из полимеров: формование, экструзия, литье и получение пленок на уровне общего представления. Нефтехимические продукты в фармацевтике, косметике и бытовой химии. Перспективные направления глубокой переработки сырья, углеродные материалы и наноматериалы. Принципы ресурсосбережения и повышения доли продукции с высокой добавленной стоимостью.

Экологические, экономические и правовые аспекты

Воздействие разведки, добычи, транспортировки, переработки и использования нефти на атмосферу, воды, почвы и живые организмы. Разливы нефти, буровые отходы, факельное сжигание газа, выбросы оксидов серы и азота, парниковых газов и летучих органических соединений. Различение локальных и глобальных последствий нефтяной деятельности.

Технологии предупреждения и снижения загрязнений: герметизация оборудования, системы обнаружения утечек, очистка сточных вод и газовых выбросов, утилизация попутного нефтяного газа, рекультивация нарушенных земель. Механические, физико-химические и биологические способы ликвидации нефтяных загрязнений. Сравнение мер по эффективности, стоимости и области применения.

Мировой рынок нефти. Основные районы добычи и потребления, направления международных потоков, роль транспортной инфраструктуры и географического

положения. Факторы ценообразования: соотношение спроса и предложения, качество нефти, издержки добычи и доставки, запасы, технологические изменения и внешнеэкономические события. Ч

Правовые основы недропользования, промышленной и экологической безопасности на уровне общего представления. Лицензирование, ответственность за предотвращение и устранение ущерба, требования к перевозке и хранению опасных грузов. Обсуждение баланса экономических интересов, энергетической безопасности и охраны окружающей среды.

Межпредметные связи

География: размещение нефтегазоносных бассейнов, основных районов добычи и потребления, транспортных направлений и мировой торговли нефтью.

Химия: состав и свойства нефти, крекинг, риформинг, очистка.

Физика: фазовые переходы, вязкость, плотность.

Экология: оценка последствий добычи и переработки нефти, меры по предупреждению загрязнений.

Экономика: факторы ценообразования.

Право: общие принципы недропользования.

11 класс

Природный газ: залежи, подготовка и переработка

Актуализация знаний о нефти и газе, полученных в 10 классе. Природный газ как топливно-энергетический ресурс и сырьё химической промышленности. Компонентный состав природного газа, сухой и жирный газ, газовые, газоконденсатные и нефтегазовые залежи. Общие представления о формировании, размещении и разработке залежей природного газа.

Подготовка природного газа к транспортировке и переработке. Причины удаления сероводорода, углекислого газа, воды и механических примесей. Абсорбционные и адсорбционные процессы на учебном уровне: поглотитель, адсорбент, рабочая ёмкость, селективность, регенерация.

Нефтехимия на основе природного газа. Метан, этан, пропан и бутан как исходное сырьё для получения водорода, синтез-газа, метанола, аммиака, олефинов и других продуктов. Связь состава газа с направлением его использования и глубиной переработки. Решение расчётных и качественных задач по составу, подготовке и переработке газового сырья.

Сжиженный природный газ: физические основы сжижения, основные стадии технологической цепочки, хранение в теплоизолированных резервуарах, морская и наземная транспортировка, регазификация. Требования промышленной, пожарной и экологической безопасности при обращении с газом и СПГ.

Нефтегазовая залежь и свойства коллектора

Нефтегазовая залежь как природная система. Ловушка, покрышка, порода-коллектор, пластовые флюиды и давление. Типы ловушек на обзорном уровне. Условия накопления и сохранения углеводородов. Чтение упрощённых геологических схем и установление взаимосвязи между строением залежи и возможностью её разработки.

Пористость, проницаемость и насыщенность пород. Открытые и сообщающиеся поры, эффективная пористость, абсолютная и фазовая проницаемость на уровне общих

представлений. Капиллярные явления и смачиваемость. Влияние структуры порового пространства, состава флюидов и давления на движение нефти, газа и воды.

Закон Дарси как модель фильтрации флюида через пористую среду. Расход, градиент давления, вязкость, проницаемость, площадь сечения и длина образца. Решение учебных задач, анализ размерностей и графических зависимостей. Границы применимости модели и причины расхождения расчётных и экспериментальных данных.

Разведка, бурение и эксплуатация скважин

Геофизические методы поиска и изучения месторождений. Сейсморазведка: распространение и отражение упругих волн, время пробега сигнала, границы слоёв и построение учебного разреза. Каротаж как исследование физических свойств пород в скважине. Сопоставление данных разных методов и интерпретация признаков возможного коллектора.

Бурение скважины и основные элементы её конструкции. Направление, кондуктор, промежуточные и эксплуатационные колонны; устьевое оборудование. Назначение обсадных труб и цементирования, изоляция пластов и сохранение целостности скважины. Основные технологические риски и средства их предупреждения.

Буровые растворы: функции при разрушении породы и очистке забоя, вынос шлама, охлаждение инструмента, создание гидростатического давления и укрепление стенок. Бентонит и барит как компоненты модельных систем. Плотность, условная вязкость и устойчивость раствора. Понятие окна безопасных давлений и последствия выхода за его границы.

Вскрытие продуктивного пласта, перфорация и заканчивание скважины. Способы интенсификации притока. Гидроразрыв пласта: назначение, рабочая жидкость, закрепляющий материал, ожидаемый эффект и возможные ограничения. Анализ технологической схемы и требований экологической безопасности.

Способы эксплуатации скважин. Фонтанная добыча, газлифт, штанговые и погружные насосы на обзорном уровне. Выбор способа с учётом давления, дебита, состава продукции, глубины и стадии разработки. Режимы работы залежи, поддержание пластового давления, заводнение и закачка газа. Связь системы воздействия на пласт с коэффициентом извлечения.

Подготовка продукции, оценка запасов и методы анализа

Скважинная продукция как смесь нефти, газа, пластовой воды и механических примесей. Трёхфазная сепарация: изменение давления и температуры, разделение фаз, назначение сепарационного оборудования. Нефтяные эмульсии, факторы их устойчивости, механические, тепловые и химические способы деэмульсации. Подготовка пластовой воды к повторному использованию или утилизации.

Объёмный метод подсчёта запасов. Площадь и эффективная мощность залежи, пористость, нефтегазонасыщенность, объёмный коэффициент и коэффициент извлечения. Последовательность расчёта и контроль единиц измерения. Вариантные оценки min/base/max как способ учёта неопределённости исходных параметров. Различие запасов углеводородов в пласте и ожидаемого извлекаемого количества.

Основы хроматографии применительно к нефтяной и газовой промышленности. Подвижная и неподвижная фазы, разделение компонентов, время удерживания, качественная идентификация и количественная оценка на учебном уровне. Подготовка модельной пробы, получение хроматограммы, сопоставление сигналов и формулирование вывода о составе образца.

Нефтепродукты в воде как объект экологического контроля. Отбор и пробоподготовка, флуоресценция нефтяных компонентов, флуориметрическое измерение сигнала. Расчёт концентрации по экспериментальным данным.

Экономика, безопасность и жизненный цикл месторождения

Экономика разработки нефтегазового месторождения. Профиль добычи и изменение объёмов продукции во времени. Доходы, капитальные и эксплуатационные затраты, денежный поток и срок окупаемости на уровне учебной модели. Влияние геологических условий, технологии, цен, инфраструктуры и экологических требований на результат проекта. Сравнение вариантов и аргументация выбора.

Анализ опасностей и работоспособности технологической системы на примере HAZOP-кейса установки подготовки нефти и газа. Параметры процесса и возможные отклонения, причины и последствия нарушения режима. Предупредительные и защитные барьеры, сигнализация, автоматическая защита, организационные меры. Различение опасности, риска и последствий; оформление результатов анализа в таблице.

Жизненный цикл месторождения: поиск и разведка, оценка запасов, проектирование, обустройство, разработка, добыча, подготовка продукции, транспортировка, экономика, завершение эксплуатации и декомиссия. Экологический мониторинг, ликвидация скважин и восстановление территории. Взаимосвязь геологических данных, технических решений, безопасности, экономики и ответственности за окружающую среду.

Межпредметные связи

География: нефтегазоносные районы; размещение месторождений; осадочные бассейны; транспортировка углеводородов; инфраструктура нефтегазовой отрасли.

Химия: состав природного газа; очистка газа; абсорбция; адсорбция; нефтехимическая переработка; хроматография; флуориметрия; деэмульсация.

Физика: давление; плотность; вязкость; пористость; проницаемость; капиллярные явления; закон Дарси; сейсмические волны; сжижение газа; сепарация.

Математика: расчёт фильтрационного расхода; подсчёт запасов; анализ зависимостей; построение графиков; оценка min/base/max; обработка результатов измерений.

Информатика: электронные таблицы; обработка экспериментальных данных; построение диаграмм и графиков; представление результатов исследования.

Экономика: профиль добычи; капитальные и эксплуатационные затраты; денежный поток; срок окупаемости; экономическая эффективность разработки месторождения.

Биология и экология: воздействие нефтегазовой отрасли на экосистемы; загрязнение воды нефтепродуктами; экологический мониторинг; подготовка пластовой воды; восстановление нарушенных территорий.

Основы безопасности и защиты Родины: промышленная безопасность; пожарная безопасность; HAZOP-анализ; технологические риски; защитные барьеры; безопасная работа с газом и нефтепродуктами.