ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

ЛЕКЦИЯ 8. ТЕМА 2.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ТЕОРИЯ СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Предмет органической химии

Органическая химия — раздел химической науки, изучающий соединения углерода (за исключением простейших: оксида углерода(II) CO, оксида углерода(IV) CO_2, угольной кислоты H_2CO_3 и её солей — карбонатов и гидрокарбонатов, а также карбида кальция CaC_2 и цианидов), их строение, свойства, способы получения и превращения.

Особое положение углерода обусловлено его уникальной способностью образовывать устойчивые ковалентные связи друг с другом, формируя цепи и циклы практически неограниченной длины, а также связывать себя с большинством элементов периодической системы. Именно это свойство — **катенация** — объясняет существование миллионов органических соединений, тогда как соединений всех остальных элементов вместе взятых насчитывается лишь несколько сотен тысяч.

Термин «органическая химия» введён шведским учёным Й. Берцелиусом (1807 г.), а как самостоятельная дисциплина она оформилась в трудах Ф. Вёлера (синтез мочевины, 1828 г.), разрушивший виталистическое представление о том, что органические вещества могут возникать только в живых организмах под действием «жизненной силы».

2. Природные, искусственные и синтетические органические вещества

По происхождению органические вещества делят на три группы:

• **Природные** — продукты жизнедеятельности организмов или вещества природного происхождения: углеводы, белки, жиры, нуклеиновые кислоты, природный газ, нефть, уголь, природный каучук, алкалоиды.

• **Искусственные** — материалы на основе природных полимеров, химически модифицированные человеком: ацетатное волокно (получается ацетилированием природной целлюлозы), вискоза, нитролак.

• **Синтетические** — соединения и материалы, полученные полностью синтетическим путём из низкомолекулярного сырья (нефти, газа, угля): полиэтилен, полистирол, каучуки синтетические, лекарственные препараты, красители.

3. Сравнение органических и неорганических веществ

Признак	Органические вещества	Неорганические вещества
Элементный состав	C, H, а также O, N, S, P, галогены	Практически все элементы
Число соединений	Более 20 млн	Сотни тысяч
Тип связи	Преимущественно ковалентная (малополярная C–H)	Часто ионная, металлическая
Температура плавления	Низкая, большинство легкоплавки (многие плавятся ниже 300 °C)	Высокая (соли, оксиды, металлы)
Растворимость	Большинство малорастворимо в воде, растворимо в органических растворителях	Многие хорошо растворимы в воде

Признак	Органические вещества	Неорганические вещества
Характер процессов	Реакции медленные, требуют катализаторов и нагревания, часто многостадийные, с побочными продуктами	Реакции быстрый ионный обмен, часто мгновенные
Термическая устойчивость	Легко разлагаются, горят	Многие устойчивы при нагревании

Приведённые различия носят статистический характер и отражают преобладающий тип химической связи: ковалентные соединения (в том числе неорганические — H_2O, HCl) ведут себя подобно органическим веществам, а ионные (соли карбоновых кислот — ацетат натрия) — подобно неорганическим.

4. Валентность и химическое строение

Валентность — способность атома образовывать определённое число ковалентных связей. В органической химии валентность обычно численно равна числу общих электронных пар, которые атом образует с другими атомами. Для углерода в подавляющем большинстве соединений валентность постоянна и равна IV; для водорода — I; для кислорода — II; для азота — III (в аммониевых соединениях — IV); для галогенов — I.

Химическое строение — порядок (последовательность) соединения атомов в молекулу в соответствии с их валентностями, то есть конкретный порядок химических связей, а не просто состав.

5. Теория химического строения А. М. Бутлерова

Александр Михайлович Бутлеров (1828–1886) сформулировал теорию химического строения в 1861 году на съезде немецких естествоиспытателей и врачей в Шпейере. Теория явилась обобщением достижений органической химии (работы Кекуле о валентности углерода, Купера о связях) и легла в основу развития всей органической химии.

Основные положения теории химического строения

1. **Атомы в молекулах соединены друг с другом в определённой последовательности согласно их валентностям.** Цепочку атомов углерода в молекуле может прервать атом другого элемента; углеродные цепи могут быть неразветвлёнными и разветвлёнными, открытыми и замкнутыми (циклами).
2. **Свойства веществ зависят не только от их качественного и количественного состава, но и от их химического строения.** Из этого следует существование изомерии: вещества, имеющие одинаковый состав, но разное строение, обладают разными свойствами.
3. **По свойствам вещества можно определить его строение, а по строению — предсказать свойства.** Вещества с несколькими функциональными группами проявляют свойства всех групп и свойства, зависящие от взаимного влияния атомов.
4. **Атомы и группы атомов в молекуле оказывают взаимное влияние друг на друга** (как непосредственно связанные, так и не связанные напрямую).

Теория объяснила явление изомерии, позволила предсказывать существование новых соединений (Бутлеров синтезировал предсказанный изопентан, изобутан) и создала теоретический фундамент для органического синтеза.

6. Изомерия и изомеры

Изомеры — вещества, имеющие одинаковый молекулярный состав (одну и ту же молекулярную формулу), но различное химическое строение и, следовательно, различные свойства.

Классический пример: этанол $CH_3–CH_2–OH$ (жидкость, т. кип. 78 °C) и диметиловый эфир $CH_3–O–CH_3$ (газ, т. кип. –24 °C) — оба имеют формулу C_2H_6O.

Виды изомерии:

• **Структурная изомерия** — изомерия углеродного скелета (бутан и изобутан, C_4H_{10}); изомерия положения кратной связи или функциональной группы (бутен-1 и бутен-2; пропанол-1 и пропанол-2); межклассовая изомерия (алкены и циклоалканы C_nH_{2n}; алкины и алкадиены C_nH_{2n-2}; спирты и простые эфиры).

• **Пространственная (стерео-) изомерия** — цис-, транс-изомерия (геометрическая) и оптическая изомерия, связанная с асимметрическим атомом углерода.

7. Химические формулы и модели молекул

Для изображения органических молекул используют:

• **Молекулярная формула** — отражает качественный и количественный состав (C_2H_6O), но не показывает порядок связей.

• **Структурная (развёрнутая) формула** — показывает все связи между всеми атомами.

• **Сокращённая (полуразвёрнутая) формула** — $CH_3–CH_2–OH$.

• **Скелетная формула** — углеродные атомы и связи с водородом подразумеваются; атомы углерода располагаются в «вершинах» ломаной линии.

• **Пространственные модели**: шаростержневые (показывают углы между связями) и масштабные (Stallungskugel-модели, показывающие реальные радиусы атомов).

8. Классификация органических веществ

8.1. Классификация по строению углеродного скелета

• **Ациклические (алифатические) соединения:**

- предельные (насыщенные) — с одинарными связями (алканы);
- непредельные (ненасыщенные) — с кратными связями (алкены, алкадиены, алкины).

• **Циклические соединения:**

- **карбоциклические** — цикл образован только атомами углерода: алициклические (циклопропан, циклогексан) и ароматические (бензол, нафталин);
- **гетероциклические** — в цикле помимо углерода есть атомы других элементов (пиридин, фуран, пиррол).

8.2. Классификация по наличию функциональных групп

Функциональная группа — атом или группа атомов, определяющая характерные химические свойства соединения.

Класс	Функциональная группа	Пример
Спирты	–OH (гидроксильная)	CH_3OH — метанол
Альдегиды	–CHO	CH_3CHO — этаналь
Кетоны	>C=O	CH_3COCH_3 — ацетон

Класс	Функциональная группа	Пример
Карбоновые кислоты	–COOH (карбоксильная)	CH_3COOH — уксусная кислота
Амины	$–NH_2$ (аминогруппа)	CH_3NH_2 — метиламин
Нитросоединения	$–NO_2$	CH_3NO_2 — нитрометан
Галогенпроизводные	–X (F, Cl, Br, I)	CH_3Cl — хлорметан
Сложные эфиры	–COO–	$CH_3COOC_2H_5$

9. Гомологи и гомология

Гомологи — вещества, сходные по строению и свойствам, отличающиеся друг от друга на одну или несколько групп CH_2 (гомологическую разность). Гомологи располагаются в **гомологический ряд**, в котором каждый последующий член можно получить добавлением к предыдущему группы CH_2. Все члены ряда отвечают одной общей формуле (для алканов C_nH_{2n+2}) и имеют сходные химические свойства, физические же свойства изменяются закономерно по мере роста молекулярной массы (повышение температур плавления и кипения).

Пример гомологического ряда алканов: CH_4 (метан) → C_2H_6 (этан) → C_3H_8 (пропан) → C_4H_{10} (бутан) → …

10. Начала номенклатуры IUPAC

Международная номенклатура (IUPAC) строится по следующим правилам:

1. **Выбор главной цепи.** Выбирают самую длинную неразветвлённую цепь атомов углерода; для алкенов и алкинов она должна содержать кратную связь.
2. **Нумерация цепи.** Атомы углерода нумеруют с того конца, к которому ближе заместитель, кратная связь или функциональная группа.
3. **Название.** Основа — название соответствующего углеводорода (метан, этан…); приставки — названия заместителей с указанием их положения цифрами; суффикс указывает на класс соединения:
   - *-ен* — алкены, *-диен* — алкадиены, *-ин* — алкины;
   - *-ол* — спирты, *-аль* — альдегиды, *-он* — кетоны, *-овая кислота* — карбоновые кислоты.
4. Заместители перечисляют в алфавитном порядке; если одинаковых заместителей несколько, используют приставки *ди-, три-, тетра-*.

Примеры:

- $CH_3–CH(CH_3)–CH_3$ — 2-метилпропан;
- $CH_2=CH–CH_3$ — пропен;
- $CH_3–CH=CH–CH_3$ — бутен-2;
- $CH_3–CH_2–CH_2–OH$ — пропанол-1.

11. Классификация реакций в органической химии

Органические реакции классифицируют по изменению состава реагирующих веществ (присоединение, отщепление, замещение, изомеризация) и по механизму разрыва связей: **гомолитический** (свободнорадикальный) и **гетеролитический** (ионный, электрофильный или нуклеофильный).

11.1. Реакции присоединения

Молекула простого вещества или соединения присоединяется к кратной связи с образованием более насыщенного продукта.

- **Гидрирование** (присоединение водорода, катализаторы Ni, Pt, Pd):

$$\mathrm{CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3{-}CH_3}$$

- **Галогенирование** (продукт — дигалогенпроизводное):

$$\mathrm{CH_2{=}CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl{-}CH_2Cl}$$

- **Гидрогалогенирование** (присоединение HHal; для несимметричных алкенов подчиняется правилу Марковникова — водород присоединяется к более гидрированному атому углерода):

$$\mathrm{CH_2{=}CH{-}CH_3 + HBr \rightarrow CH_3{-}CHBr{-}CH_3}$$

- **Гидратация** (присоединение воды, также по правилу Марковникова):

$$\mathrm{CH_2{=}CH{-}CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3{-}CH(OH){-}CH_3}$$

$$CH_2{=}CH{-}CH_3 + H_2O \xrightarrow{\cdots} CH_3{-}CH(OH){-}CH_3$$

11.2. Реакции отщепления (элиминирования)

От молекулы отщепляются атомы или группы атомов с образованием кратной связи или новой π-системы.

- **Дегидрирование** (отщепление водорода):

$$CH_3{-}CH_3 \xrightarrow{\text{кат., } t} CH_2{=}CH_2 + H_2$$

- **Дегидрогалогенирование** (отщепление галогеноводорода под действием спиртового раствора щёлочи; подчиняется правилу Зайцева — водород отщепляется преимущественно от наименее гидрированного соседнего атома углерода):

$$CH_3{-}CHBr{-}CH_3 + NaOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_2{=}CH{-}CH_3 + NaBr + H_2O$$

- **Дегидратация** (отщепление воды — внутримолекулярное с образованием алкена или межмолекулярное с образованием простого эфира):

$$C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4,\ t>140\,^\circ C} CH_2{=}CH_2 + H_2O$$

11.3. Реакции замещения

Атом или группа атомов в молекуле заменяются на другие. Характерны для предельных углеводородов и аренов (свободнорадикальное и электрофильное замещение соответственно).

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$$

$$C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NO_2 + H_2O$$

11.4. Реакции изомеризации

Перестройка углеродного скелета или миграция кратной связи без изменения молекулярной формулы. Значение имеют в нефтепереработке — изомеризация нормальных алканов в разветвлённые (повышение октанового числа бензинов):

$$\text{н-бутан} \xrightarrow{AlCl_3} \text{изобутан}$$

Изложенные понятия — валентность, строение, изомерия, гомология, функциональные группы и классификация реакций — составляют понятийный каркас органической химии. Теория химического строения Бутлерова, дополненная представлениями о взаимном влиянии атомов и электронном строении молекул (электронные эффекты, гибридизация атомных орбиталей), остаётся методологической основой для описания, предсказания и целенаправленного синтеза органических веществ — от простейших углеводородов до биополимеров и лекарственных молекул.