Лекция 5. Химия и новые материалы, химия и биорегуляция.

План лекции:

1. Химия новых материалов.
2. Химия и биорегуляция

1. Химия новых материалов.

Сегодня мы обратимся к двум, на первый взгляд, очень разным направлениям прикладной химии, но на самом деле глубоко связанным общим принципом управления свойствами вещества на молекулярном уровне. Речь пойдет о создании новых материалов с заданными характеристиками и о химических основах биорегуляции – то есть управления процессами в живых организмах.

Оба направления являются вершиной современной химической науки и технологии, поскольку они требуют не просто синтезировать вещество, а предвидеть его поведение в сложных условиях – будь то космический корабль, искусственный имплантат или клетка человеческого тела. Химия новых материалов позволяет нам строить мосты, летать в космос, создавать компьютеры и смартфоны. Химия биорегуляции дает ключи к созданию лекарств, пестицидов, регуляторов роста растений и пониманию самого феномена жизни. Начнем с материалов.

Что такое «новые материалы» с точки зрения химии? Это вещества и композиции, которые обладают свойствами, существенно превосходящими традиционные материалы – металлы, дерево, камень, обычное стекло и керамику. Причем часто новые материалы создаются не путем открытия принципиально новых химических элементов, а путем особой организации атомов и молекул. Самый яркий пример – углеродные материалы.

Углерод известен человечеству с древности в виде сажи, графита и алмаза. Но во второй половине двадцатого века химики научились создавать принципиально новые формы углерода. Фуллерены – молекулы, состоящие из шестидесяти и более атомов углерода, собранных в полую сферу наподобие футбольного мяча. Углеродные нанотрубки – цилиндрические структуры

диаметром в несколько нанометров и длиной до многих микрометров, обладающие уникальной прочностью: они в десятки раз прочнее стали при в сотни раз меньшей плотности. Графен – один слой атомов углерода, соединенных в двумерную решетку, толщиной в один атом, но при этом исключительно прочный, гибкий и обладающий рекордной электропроводностью.

Эти новые углеродные материалы открывают дорогу к сверхлегким композитам, сверхбыстрой электронике, сверхчувствительным датчикам и многим другим применениям. Химия здесь сыграла решающую роль: именно химические методы синтеза – лазерная абляция графита, химическое осаждение из газовой фазы, растворные методы – позволили получать эти материалы в количествах, достаточных для исследований и прототипов устройств.

Другая важнейшая группа новых материалов – **полимеры и композиты** на их основе. Полимеры – это длинные цепочки из повторяющихся звеньев, которые могут быть гибкими, как резина, или жесткими, как эпоксидная смола.

Создавая полимеры с разной химической структурой, разной длиной цепей и разной степенью сшивки, химики могут получать материалы от мягких гидрогелей до сверхпрочных армированных пластиков. Углепластики, которые используются в авиации, космонавтике и производстве спортивного инвентаря, состоят из углеродного волокна (самого по себе нового материала) и полимерной матрицы. Композит работает как единое целое: волокна обеспечивают прочность и жесткость, а матрица передает нагрузку между волокнами и защищает их от повреждений. Химия позволяет регулировать адгезию между волокном и матрицей, вводить наполнители, меняющие электропроводность или огнестойкость, создавать самоисцеляющиеся полимеры, которые «залечивают» трещины при нагревании или под действием света.

Отдельный и очень важный класс новых материалов – это функциональные материалы, которые не просто пассивно выдерживают нагрузки, но выполняют какую-то активную роль. Например, пьезоэлектрики, которые генерируют электрический ток при деформации, или, наоборот, меняют форму под действием электрического поля. Из пьезоэлектриков делают датчики давления, микрофоны, зажигалки. Другой пример – полупроводниковые материалы, легированные определенными примесями, чтобы получить электронную проводимость n-типа или дырочную проводимость p-типа. Без химии легирования кремния не было бы ни транзисторов, ни солнечных батарей, ни светодиодов.

Третьим примером служат магнитные материалы – от традиционных ферритов до современных нанокомпозитных магнитов из сплавов неодима, железа и бора, которые в десятки раз сильнее обычных магнитов и используются в электромоторах, жестких дисках, ветрогенераторах. Фазовые переходы в этих материалах, их доменная структура, влияние размера кристаллитов на магнитные свойства – все это управляется химическим составом и технологией синтеза.

В последние годы бурно развиваются так называемые «умные материалы» – смарт-материалы, которые реагируют на внешние стимулы: температуру, освещение, pH, механическое напряжение, электрическое или магнитное поле. Например, гидрогели, которые резко меняют свой объем в зависимости от pH или температуры, могут использоваться для контролируемого высвобождения лекарств.

Формопамять – свойство некоторых полимеров и сплавов «запоминать» исходную форму и возвращаться к ней после деформации при нагревании – применяется для создания самораскрывающихся стентов в медицине или авторемонтных вставок. Хромогенные материалы меняют цвет под действием света (фотохромизм), тепла (термохромизм) или электричества (электрохромизм). Из них делают умные окна, которые темнеют на солнце, индикаторы температуры и дисплеи электронных книг.

2. Химия и биорегуляция.

Теперь перейдем ко второй большой теме – химия и биорегуляция. Биорегуляция – это управление жизненными процессами с помощью химических веществ. Наше тело, как и тела всех живых существ, представляет собой непрерывный химический реактор, в котором одновременно протекают тысячи реакций.

Скорость и направление этих реакций регулируются биорегуляторами – молекулами, которые вырабатываются самим организмом или поступают извне. К эндогенным биорегуляторам относятся гормоны, нейромедиаторы, цитокины, факторы роста и многие другие сигнальные молекулы.

Экзогенные биорегуляторы – это лекарства, яды, пестициды, феромоны, регуляторы роста растений. Задача прикладной химии в этой области – создать молекулы, которые бы вмешивались в биологические процессы избирательно, с минимальными побочными эффектами.

Классический пример – гормональная регуляция. Гормон инсулин, вырабатываемый поджелудочной железой, регулирует уровень глюкозы в крови. При сахарном диабете 1-го типа инсулин не вырабатывается, и больному приходится вводить его извне. Раньше инсулин получали из поджелудочных желез животных, что было дорого, неэффективно и вызывало аллергию.

Современная биотехнология позволяет синтезировать человеческий инсулин с помощью генетически модифицированных бактерий – это продукт химической и генной инженерии. Более того, химики создают аналоги инсулина с измененными свойствами: ультракороткого действия, пролонгированного действия, а также системы доставки, которые имитируют естественную пульсирующую секрецию гормона. Другой пример – половые гормоны. Понимание их структуры позволило создать оральные контрацептивы, заместительную гормональную терапию в менопаузе, а также антигормональные препараты для лечения рака молочной железы и простаты. Все эти молекулы – результат тонкого химического синтеза, часто

стереоселективного, поскольку биологические рецепторы различают зеркальные изомеры.

Нейромедиаторы – это химические посредники в нервной системе. Дофамин, серотонин, ацетилхолин, норадреналин, ГАМК (гамма-аминомасляная кислота) – каждое из этих веществ отвечает за определенные функции: настроение, внимание, память, мышечное сокращение, сон. Многие лекарства воздействуют именно на системы нейромедиаторов. Антидепрессанты из группы селективных ингибиторов обратного захвата серотонина (например, флуоксетин, известный как прозак) увеличивают концентрацию серотонина в синаптической щели, что улучшает настроение.

Транквилизаторы (бензодиазепины) усиливают действие ГАМК, тормозного нейромедиатора, вызывая успокоение и сон. Нейролептики блокируют дофаминовые рецепторы и используются для лечения шизофрении. Химия этих препаратов – это искусство создания молекул, которые проходят через гематоэнцефалический барьер, связываются с конкретными рецепторами и не взаимодействуют с сотнями других рецепторов в организме.

Особое место в биорегуляции занимают феромоны – химические сигналы, которые выделяются одним организмом и воспринимаются другим того же вида, вызывая определенную поведенческую или физиологическую реакцию. Насекомые широко используют феромоны для привлечения партнеров, маркировки пути к пище, предупреждения об опасности. Химический синтез феромонов позволяет создавать экологически чистые ловушки для вредителей сельского хозяйства: вместо того чтобы опрыскивать поля ядохимикатами, можно распылить синтетический половой феромон, который дезориентирует самцов и предотвращает спаривание. Это блестящий пример того, как знание химии биорегуляции помогает решать практические задачи без вреда для окружающей среды.

Растительные гормоны – фитогормоны – регулируют рост, цветение, созревание плодов, старение растений. Ауксины стимулируют рост корней и

побегов, гиббереллины – прорастание семян и удлинение стеблей, цитокинины – деление клеток, абсцизовая кислота – закрывание устьиц при засухе, этилен – созревание плодов. Зная химическую структуру этих веществ, агрохимики создают синтетические аналоги – регуляторы роста растений.

Например, синтетический ауксин 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота в малых дозах работает как стимулятор роста, а в больших – как гербицид, избирательно убивающий двудольные сорняки на полях злаков. Синтетический этилен используется для дозаривания томатов и бананов после транспортировки. Ингибиторы синтеза гиббереллинов применяются для предотвращения полегания зерновых – они делают стебли более короткими и прочными.

Современная химия биорегуляции невозможна без понимания структуры и механизма работы рецепторов. Рецепторы – это белковые молекулы, которые распознают сигнальные молекулы (лиганды) и запускают каскад внутриклеточных реакций. Компьютерное моделирование позволяет рассчитать форму активного центра рецептора и спроектировать молекулу лекарства, которая точно в него впишется, как ключ в замок. Это направление называется рациональным дизайном лекарств. В комбинации с методами комбинаторной химии, когда синтезируются тысячи вариантов молекул и тестируются на активность с помощью роботизированных систем, это привело к революции в фармацевтике. Многие современные препараты – от антиретровирусных средств против ВИЧ до новейших иммуноонкологических лекарств – созданы именно такими методами.

Химия и биорегуляция пересекаются и в такой важной области, как доставка лекарств. Мало создать активную молекулу, нужно еще доставить ее в нужное место организма в нужное время и в нужной концентрации.

Химики разрабатывают полимерные наночастицы, липосомы, дендримеры, которые инкапсулируют лекарство и защищают его от преждевременного разрушения.

На поверхность этих носителей можно прикрепить молекулы-«маячки» – антитела или пептиды, которые распознают рецепторы на поверхности клеток-мишеней, например раковых. Такая адресная доставка позволяет снизить дозу лекарства в десятки раз и избежать системной токсичности. Контролируемое высвобождение реализуется с помощью гидрогелей, которые постепенно разбухают или деградируют, высвобождая лекарство с заданной скоростью. Есть даже имплантаты, которые реагируют на уровень глюкозы в крови и автоматически выделяют инсулин – имитация работы здоровой поджелудочной железы.

В заключение подчеркнем главную мысль. И создание новых материалов, и управление биологическими процессами через биорегуляцию – это две стороны одной медали, а именно – способности химии конструировать молекулы и надмолекулярные структуры для выполнения сложных функций.

В случае материалов мы создаем объекты, которые должны работать в жестких условиях – выдерживать давление, температуру, агрессивные среды, электрические поля. В случае биорегуляции мы создаем молекулы, которые должны работать в мягких, но чрезвычайно сложных условиях живого организма, где они не должны быть токсичными, должны распознаваться конкретными рецепторами и своевременно разрушаться. И там, и там химия опирается на фундаментальные законы строения вещества и химической связи, и там, и там ключевую роль играет трехмерная структура молекул.

Будущее за гибридными системами – например, имплантатами из новых материалов, которые не отторгаются организмом и выделяют биорегуляторы для восстановления тканей, или за «умными» носителями лекарств, которые меняют свои свойства в ответ на сигналы извне. Химик, работающий в этой области, должен быть одновременно и тонким синтетиком, и физико-химиком, и биологом, и инженером. Но именно на стыке дисциплин рождаются самые интересные открытия и самые полезные изобретения.

Мы живем в эпоху, когда химия перестала быть просто наукой о превращениях веществ – она стала наукой о создании новой реальности, от нанороботов внутри нас до сверхпрочных композитов на орбите.

Контрольные вопросы:

1. Что такое «новые материалы» с точки зрения химии? Чем они отличаются от традиционных материалов (металлов, дерева, камня)?
2. Чем уникальны углеродные нанотрубки с точки зрения прочности и электропроводности?
3. Как устроены полимерные композиты? Какую роль играет матрица, а какую – наполнитель (например, углеродное волокно)?
4. Как легирование полупроводников (например, кремния фосфором или бором) меняет тип проводимости? Где это используется?
5. Чем неодимовые магниты (NdFeB) превосходят традиционные ферритовые магниты?
6. Что такое гидрогели, чувствительные к pH и температуре? Где они применяются?
7. Какие материалы называют «умными» (смарт-материалами)? Какие внешние стимулы могут вызывать их отклик?
8. Что такое хромогенные материалы? Чем отличаются фотохромизм, термохромизм и электрохромизм? Приведите примеры устройств на их основе.
9. Дайте определение биорегуляции. Чем отличаются эндогенные и экзогенные биорегуляторы?
10. Какие молекулы относятся к эндогенным биорегуляторам (гормоны, нейромедиаторы, цитокины, факторы роста)?
11. Какие экзогенные биорегуляторы вы знаете? (Лекарства, пестициды, феромоны, яды, регуляторы роста растений).
12. Какова главная задача прикладной химии в области биорегуляции?

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