

ВВЕДЕНИЕ В НАУКИ О ЖИЗНИ

Лектор:

А.В.Марков (Палеонтологический институт РАН)

Аннотация. Основная цель курса: добиться понимания ключевых механизмов функционирования и развития биологических объектов. Курс рассчитан на студентов, которые не собираются становиться профессиональными биологами, но тем не менее решили, что базовая биологическая грамотность будет им полезна. Действительно, в современном мире ясное понимание биологических закономерностей становится все важнее для построения адекватных моделей окружающего мира и самих себя, для способности компетентно судить об актуальных проблемах, в том числе этических, социальных и политических. Задача курса не в том, чтобы загрузить память учащихся множеством биологических фактов, а в объяснении логики и структуры причинно-следственных связей, лежащих в основе функционирования живой природы. Понимание этой логики в рамках курса достигается не путем абстрактных рассуждений, а путем рассмотрения конкретных экспериментальных данных и наглядных математических моделей. Ключевые идеи будут иллюстрироваться примерами из новейших исследований, логика и действенность рассматриваемых теорий будут демонстрироваться при помощи компьютерных моделей. Основное внимание уделено эволюции как неотъемлемому свойству жизни и главной объединяющей идее, придающей осмысленность всему массиву накопленных фактов. Предполагается, что студенты после прохождения курса смогут оперировать базовыми правилами функционирования и развития биологических систем и формулировать аргументированные суждения по широкому кругу теоретических и практических вопросов, например, таких: *«действует ли на современных людей естественный отбор?»*, *«грозит ли человечеству генетическое вырождение?»*, *«оправданы ли попытки ограничить использование ГМО?»*, *«почему почти у всех животных рождается поровну мальчиков и девочек?»*, *«зачем нужно половое размножение и к каким последствиям ведет его утрата?»*, *«как происходит самопроизвольное усложнение живых систем и противоречит ли это второму началу термодинамики и другим законам природы?»*, *«почему бабочки похожи на цветы и почему те и другие кажутся нам красивыми?»* и т.д. Кроме того, они должны понимать границы своей компетентности и способы их расширения.

Занятия. Каждую неделю будет проводиться два занятия по два академических часа каждое. Занятия проходят в форме интерактивных лекций. Во время занятий студентам будут предлагаться вопросы "на понимание", среди которых будут преобладать сравнительно простые (ответ дается прямо на занятии). Вопросы посложнее, требующие более глубокого осмысления полученных на занятии сведений, будут даваться в качестве письменных домашних заданий.

Оценивание. Итоговая оценка работы студента будет складываться из трех составляющих: 1) результатов 2 письменных контрольных работ, по одной в конце каждых двух месяцев обучения (каждая - по 35%), 2) активности студента на занятиях (10%) и выполнения домашних заданий (20%).

В случае если студент получает за курс неудовлетворительную оценку, студенту дается возможность пересдать (повторно выполнить) письменные контрольные работы, по которым им была получена неудовлетворительная оценка. Пересдачи осуществляются в сроки, отведенные программой для осуществления пересдач.

Базовые материалы для подготовки к занятиям и контрольным будут предоставляться на лекциях. Учебников на русском языке, полностью соответствующих программе и задачам курса и при этом достаточно современных, не существует, поэтому рекомендуемая литература должна рассматриваться как необходимое дополнение, но не замена лекциям.

Литература.

Основная:

1. Еськов К.Ю. Удивительная палеонтология. История Земли и жизни на ней. М., 2007.
2. Марков А.В. Рождение сложности. Эволюционная биология сегодня: неожиданные открытия и новые вопросы. М., 2010.
3. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. (Любое издание.)
4. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология (в трех томах). 3-е издание. М., 2008.

Дополнительная:

5. Северцов А.С. Теория эволюции. М., 2005.
6. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биологии клетки (в трех томах). М., 1994.
7. Докинз Р. Эгоистичный ген. М., 1994.
8. Докинз Р. Расширенный фенотип. М., 2010.

Программа курса (32 занятия)

1. Молекулярные основы жизни

ДНК, РНК, белки. Природа наследственности. Принцип комплементарности и репликация ДНК. Гены. Мутации. Соотношение генотипа и фенотипа. Транскрипция. Генетический код. Трансляция.

Прокариотическая клетка. Мембраны. Минимальный геном. Эукариотическая клетка. Компартиментализация. Органеллы. Клеточный цикл. Митоз. Метаболизм. Энергетика клетки. Обмен углеводов, липидов. Мембранный транспорт.

Геном как интерактивная программа поведения клетки. Рецепторы и передача сигналов. Регуляторные системы. Регуляция экспрессии генов. Транскрипционные факторы. Промоторы, энхансеры. Пост-транскрипционная регуляция. Регуляторные РНК, РНК-интерференция. Генно-регуляторные сети.

Природа изменчивости. Мутационная и модификационная изменчивость. Рекомбинация. Горизонтальный перенос. Трансдукция, трансформация, конъюгация. «Эгоистические» элементы. Вирусы, плазмиды, транспозоны, ретротранспозоны. Половое размножение. Мейоз и кроссинговер. Гаметы. Оплодотворение. Основы классической (менделевской) генетики.

2. Эволюция

Неизбежность эволюции (эволюция как способ существования жизни). Теория Дарвина. Естественный отбор. Отличия дарвинизма от других эволюционных концепций.

Доказательства эволюции

Доказательства эволюции: методологические основы. Что такое «доказательство» в биологии. Наука и лженаука. Фальсифицируемость и проверяемые следствия.

Искусственный отбор. Изменения при доместикации. Переходные формы отбора (от искусственного к естественному). Биологическая систематика и эволюционное дерево. Сравнительно-анатомические доказательства эволюции. Гомологичные и аналогичные органы. Атавизмы и рудименты. Наблюдаемая эволюция. Случаи быстрого видообразования в природе. Эволюционные эксперименты. Биогеографические доказательства эволюции. Островная биогеография.

Основы эмбриологии. Базовые принципы онтогенеза. Эмбриологические доказательства эволюции. Evo-devo: современная эволюционная биология развития. Генно-регуляторные каскады, формирующие «генетическую программу развития». Биохимические и молекулярно-генетические доказательства эволюции. Методы сравнительного анализа нуклеотидных и аминокислотных последовательностей. Псевдогены, эндогенные ретровирусы.

Палеонтологические доказательства эволюции. Геологическая летопись. Методы геохронологии, относительное и абсолютное датирование осадочных и магматических горных пород. Основы биостратиграфии. Филогенетические ряды. Переходные формы. Соотношение микро- и макроэволюции.

Несовершенство организмов и его причины. В чьих «интересах» работает эволюция? Групповой селекционизм, организмоцентрический и геноцентрический подходы. Концепция эгоистичного гена.

Механизмы и факторы эволюции.

Основы генетической теории эволюции. Популяции и виды. Популяционная генетика. Нейтральные мутации. Дрейф генов. Методы построения эволюционных деревьев. Принцип «молекулярных часов». Естественный отбор: его основные формы; факторы, влияющие на направленность и эффективность отбора. Аллельное замещение. Эффект Болдуина, генетическая ассимиляция адаптивных модификаций, влияние поведения и обучаемости на направленность отбора. Направленность эволюции. Параллелизмы и их причины. Канализированность и «креоды» Уоддингтона.

Козволюция. Эволюционные «гонки вооружений». Манипуляции. Экстрасоматические адаптации. Расширенный фенотип. «Генетический детерминизм» и «генетический редуционизм». Плейотропность и мультигенность. Вероятностный характер причинно-следственных связей между генами и фенотипическими признаками.

Храповик Мюллера. Адаптивный смысл полового размножения. Половые хромосомы. Почему в Y-хромосоме мало генов. Утрата полового размножения и ее эволюционные последствия. Половой отбор. Стратегии, алгоритмы и механизмы выбора полового партнера. Фишеровское «убегание». Индикаторы приспособленности. Принцип гандикапа. Половой отбор как «усилитель» обычного естественного отбора; его роль в видообразовании.

Балансирующий отбор. Почему соотношение полов почти всегда 1:1. Теоретико-игровой подход. Эволюционно стабильные стратегии. Родственный отбор. Правило Гамильтона. Эволюция кооперации и альтруизма: от бактерий до млекопитающих. Проблема социального паразитизма («обманщики») и возможности ее преодоления. Реципрокный альтруизм. Непрямая реципрокность.

Дивергенция. Репродуктивная изоляция. Механизмы видообразования. Симпатрия и аллопатрия. Правило Добжанского-Мёллера. Экологическое видообразование. Механизм «усиления» (reinforcement). Положительные обратные связи (создание ниш, цепные реакции видообразования). Экспериментальное изучение механизмов видообразования.

Механизмы появления эволюционных новшеств. Сравнительная геномика. Дупликация и дивергенция генов. Эволюция кодирующих последовательностей и смена функций белков. Модификации регуляторных последовательностей и генно-регуляторных сетей как основа эволюции животных. Блочно-комбинаторный принцип формирования эволюционных новшеств. Симбиоз и симбиогенез. Происхождение эукариот. Симбиотические сверхорганизмы. Метагеномный анализ. Биохимическая кооперация в симбиотических системах. «Молекулярное одомашнивание» вирусов и мобильных генетических элементов.

Неслучайные мутации и наследование приобретенных признаков. «Молекулярный ламаркизм». Эпигенетика. Родительский импринтинг и конфликт полов.

3. История Земли и жизни на ней

Происхождение жизни. Абиогенный синтез органики. Биогеохимические циклы. Автокатализ. Химическая эволюция. Мир РНК. Рибозимы. Функции РНК в клетке. Рудименты РНК-мира. Происхождение рибосом и генетического кода.

Архей и протерозой. Строматолиты и микробные сообщества. Бактериальная палеонтология. Эволюция прокариот. Фотосинтез и кислородная революция. Эукариотизация биосферы. Великие протерозойские оледенения. Появление многоклеточных.

Развитие жизни в палеозое. Кембрийский взрыв. Причины адаптивных радиаций. Ранняя дивергенция животного царства и НОХ-гены. Выход растений, членистоногих и позвоночных на сушу. Становление лесных экосистем. Массовые вымирания, «фоновое» вымирание и их причины. Избирательность вымираний и «межвидовой отбор». Экологические кризисы и эволюция сообществ. Палеогеография. Дрейф континентов и тектоника плит. Климатические циклы. Развитие морской и наземной биоты в мезозое и кайнозое. Происхождение млекопитающих и птиц. Сопряженная эволюция динозавров и млекопитающих, растений и насекомых-опылителей. Количественные закономерности макроэволюции. Историческая динамика биоразнообразия.

4. Экология, биотехнологии, биополитика.

Основы популяционной экологии. Динамика популяций. Модель Лотки-Вольтерра. Экосистемы и трофические цепи. Круговороты углерода и азота. Роль микроорганизмов. Антропогенное воздействие на биосферу. Соотношение разнообразия и устойчивости сообществ.

Рост населения земли, демографические модели и продовольственная проблема. Методы выведения новых пород и сортов. Селекция и генная инженерия. ГМО: мнимые и реальные риски. Проблема сохранения биоразнообразия. Клонирование. Генная терапия. Биоинформатика. Индивидуальная геномика. Стволовые клетки. Экстракорпоральное оплодотворение. Продление жизни. Эволюционная теория старения. Создание биомолекул с требуемыми свойствами методом искусственной эволюции. Искусственная жизнь. Синтетический геном. Создание искусственных микроорганизмов.