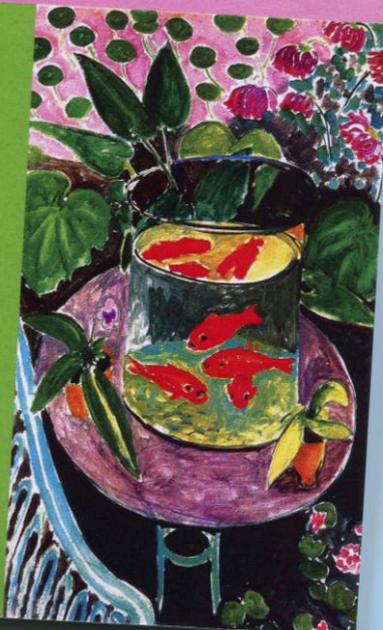


Л. В. Цаценко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАФОР В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебное пособие



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Л. В. Цаценко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАФОР В НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ И УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебное пособие

Краснодар
КубГАУ
2018

УДК 378.147:573(075.8)

ББК 74.48

Ц24

Р е ц е н з е н т ы :

В. И. Щеглов – профессор кафедры генетики, микробиологии и биотехнологии Кубанского государственного университета, д-р биол. наук;

С. Б. Криворотов – зав. кафедрой ботаники и кормопроизводства Кубанского государственного аграрного университета, д-р биол. наук, профессор

Цаценко Л. В.

Ц24 Использование метафор в научных исследованиях и учебном процессе : учеб. пособие / Л. В. Цаценко. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 92 с.

ISBN 978-5-00097-549-7

Представлены материалы по использованию метафор в учебном процессе, в том числе визуальных, которые способствуют лучшему восприятию материала. Учебное пособие предназначено для аспирантов направлений подготовки: 35.06.01 «Сельское хозяйство», профиль «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений», 06.06.01 «Биологические науки», профиль «Генетика».

УДК 378.147:573(075.8)

ББК 74.48

© Цаценко Л. В., 2018

© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени И. Т.
Трубилина», 2018

ISBN 978-5-00097-549-7

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие подготовлено для аспирантов по направлениям 35.06.01 «Сельское хозяйство», профиль подготовки «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» и 06.06.01 «Биологические науки», профиль подготовки «Генетика».

Задача учебного пособия – сформировать у будущих преподавателей-исследователей навыки подготовки практических занятий, разработки самостоятельных заданий по дисциплинам: «Цитогенетика сельскохозяйственных растений», «Генетический мониторинг», «Биоэтика и вопросы биобезопасности», «Генетика», «Основы научных исследований».

Рассмотрены методы современных образовательных технологий. В первой главе большое внимание уделено вопросам подачи научного и учебного материала с помощью метафор. Дается определение базовых понятий, функции и типы метафоры, роль в современном мире. Для углубленного понимания приводятся многочисленные метафоры по различным разделам генетики: строение клетки, хромосомы, типы деления (митоз и мейоз), микроспорогенез, двойное оплодотворение, строение гена и ДНК.

В учебном пособии также освещены вопросы использования визуальных метафор в учебных целях, позволяющие сделать процесс обучения легким и наглядным в понимании и восприятии. Визуальные метафоры рассмотрены на примере курса «Цитогенетика сельскохозяйственных растений». Для

понимания всей картины состояния проблемы приведены примеры строения, деления клетки, функции и типы хромосом. Рассмотрены также вопросы полиплоидии у растений.

После каждой темы даны контрольные вопросы и задания.

Рекомендованные в учебном пособии образовательные технологии уже апробированы в течение нескольких лет при изучении курсов биологического профиля. По мнению автора, они могут быть успешно трансформированы и на другие дисциплины.

Данное учебное пособие поможет молодому преподавателю-исследователю в понимании выбранного научного направления и будет руководством для дальнейших действий при выполнении учебной практики.

Исследование по каталогизации образов выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Краснодарского края в рамках научного проекта №17-13 -23001 –ОГН/18 «Северный Кавказ: традиции и современность».

1 МЕТАФОРА: БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ, ФУНКЦИИ В СИСТЕМЕ НАУК И ОБРАЗОВАНИЯ

Слагать хорошие метафоры –
значит подмечать сходство.

Аристотель

По определению Википедии, метафора – слово или выражение, употребляемое в переносном значении, в основе которого лежит неназванное сравнение предмета с каким-либо другим на основе их общего признака. Термин принадлежит Аристотелю и связан с его пониманием искусства как подражания жизни. Метафору также можно определить как символ нашего мировосприятия, и задача педагога грамотно погрузить обучающегося в представляемый материал.

А. Е. Седов писал: «Я обнаружил, что именно метафора лежит в основе новых формулировок». С помощью неожиданных и точных образов-словосочетаний выдающиеся генетики конструировали непривычные образы и понятия. Метафора является неотъемлемой частью как образовательного, так и научного процесса. Она делает неизвестное известным, упрощает понимание сложных вещей. По словам Свенсона, метафора приглашает ученого к открытию. «Как в искусстве, так и в науке действительно креативная метафора всякий раз представляет собой пусть маленькое, но открытие. Роль метафоры в расширении наших научных представлений поистине легендарна».

Раньше метафору рассматривали как «фигуру приукрашивания», а потому допустимая в творческих текстах, не уместная в научной среде. Но наука не стоит на месте и создаваемые метафорой «диковинные идеи» не могли не привести к

«формированию новых методологических установок» (М. А. Кузьмин, 2006).

По мнению С. З. Гончарова (2015), важнейшее значение искусства заключается в развитии продуктивного воображения, как самой таинственной способности: с одной стороны, воображение есть подсознательная сила души, а с другой стороны, оно рождает культурно значимый продукт переводит временную последовательность действий рассудка в пространственно созерцаемую реальность. Продуктивное воображение есть то лоно, в котором таинственно зарождается творчество и загадочным образом соединяются инстинкт и идеал, натура и культура, подсознание и самосознание. Вся культура зиждется на продуктивном воображении – универсальной способности развиваемой усилиями всех поколений человеческого рода. Воображение управляет чувственным восприятием, делает возможным метафоры, образы, сравнения, аналогии, мысленные эксперименты. Благодаря метафорам и сравнениям воображение схватывает целое раньше частей, а отдельном случае – его всеобщее содержание. Оно является источником зарождения и научных понятий. Мысль всегда зарождается от озарения. Догадки, а догадка своим первоисточником имеет метафору, образ, сравнение, за которыми следуют аналогии, определяющие в дальнейшем область формирования понятий (Е. Р. Ядровская, 2009).

Существует несколько определений метафоры, в каждом из которых выражается связь между понятием и смыслом изучаемого явления. По И. С. Арутюнову, «Метафора – это вторжение синтеза в зону анализа, представления (образа) в зону понятия, воображения в страну интеллекта, единичного в царство общего, индивидуального в «страну» классов» (Н. А. Переверзева, 2011).

Метафора или употребление слова в переносном значении, перенос наименования одного предмета на другой – не только языковое средство выражения сходства, метафора, по сути, специфический способ познания, без которого не обходится

ни одно научное открытие. Метафора особым образом приближает нас к постижению окружающего мира, в глубине которого скрыта истина.

На сегодняшний день наука стала слишком сложной. Чтобы понять ее, приходится иметь дело либо с нагромождением терминов, либо с кучей формул. Для облегчения восприятия принято использовать термины-метафоры – наглядные и простые образы, отражающие сложное явление. Их можно определить тем, что с одной стороны они обладают всеми свойствами термина, а с другой стороны, имеют форму метафоры (А. А. Немыкина и др., 2016). Для того чтобы выразить новую идею, новое понятие, которое еще не приобрело своей номинации, ученые часто прибегают к терминам-метафорам, которые способствуют продвижению науки вперед, открывают новые горизонты исследований и служат средством объяснения нового научного знания, используя язык уже известных и понятных номинаций.

В нашей работе мы предприняли попытку использовать визуальную и словесную метафору для закрепления ряда базовых тем курса. Для этого в течение двух лет из научных статей и книг были собраны словесные метафоры и подкрепленные визуальными на основе произведений живописи. В некоторых случаях были представлены как визуальные, так и словесные метафоры. Принцип работы технологии переноса посредством метафоры работает следующим образом. Дается определение термина или понятия, приводятся визуальные образы и подкрепляется словесной метафорой. Приведем примеры некоторых тем.

У метафоры выделяют несколько функций, которые успешно используются в учебном процессе.

Первая функция – репрезентативная, которая представляет новое явление, новый объект. Например, синаптонемный комплекс, который образуется во время профазы I мейоза. Он соединяет хромосомы, как застежка молнии, проверяя их гомологичность. В качестве комплементарности используется

метафора «застежка молнии», когда ее части соединяются во-едино.

Вторая функция – информационная, т. е. метафора дает первоначальную информацию. Пример, метафора Шарон Моалем о том, как выглядит ДНК. «Наша ДНК представляет собой спираль. Немного напоминает то, как связывается ленточка, которой перевязывают коробку с подарком».

Третья функция – орнаментальная, метафора украшает научную речь, делает ее более насыщенной. Например, деление клетки – митоз. Оно идет регулярно, четко, из поколения в поколение, механизм его отточен, и в итоге из одной материнской образуется две идентичные дочерние клетки. По словам А. Лима-де-Фария: «Как мюзикл, месяцами идущий на Бродвее, это шоу – деление клетки – не сходит со сцены уже миллионы лет».

Четвертая функция метафоры – объяснительная, т. е. метафора поясняет смысл явления. Например, тема мейоз. В профазе мейоза каждая хромосома ищет себе партнера, чтобы пройти все стадии танца, как танго, которое танцуют только вдвоем. «Танго» это сам процесс мейоза. Поиск гомологичного партнера первое событие метафазы I, как на картине Э. Мунка «Танец жизни». В центре картины пара танцует танец жизни, который проходят вдвоем.

Пятая функция – экономичная, так как метафора позволяет кратко охарактеризовать явления и процессы, которые при другом способе выражения трудно было бы описать. Кроме того, без метафоры непрерывно бы происходило расширение научного языка, что отяготило бы человеческую память. Например, Т. Х. Морган писал, что «каждый ген имеет свою строгую прописку». Это созвучно с картиной Карла Шпицверга «Где паспорт?», когда служитель порядка спрашивает у путников, кто они, где живут, где их прописка, т. е. вся та информация, что записана в паспорте.

Шестая функция – наглядная, так как она создает образ, способствующий постижению данного явления. Например,

каждой хромосомой (как мужской, так и женской) в ядро клетки вносится равное количество генетической информации. На картине Т. Яблонской на первом плане представлены образы мужчины и женщины на обручении, а на заднем плане украшения из ткани и венков, где все четко поделено поровну (Л. В. Цаценко, 2015, 2016).

Таким образом, метафора служит формой обобщенного отражения и познания действительности, созданной на основе образного мышления, представляющего собой органическое единство чувственно-созерцательных и рационально-абстрактных форм познания.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое метафора? Дайте определение.
2. Основные цели и задачи, которые решает технология использования метафор в науке и образовании.
3. Функции метафоры. Приведите примеры.
4. Что такое термин-метафора? Приведите примеры.
5. Подумайте, почему в цитогенетике часто используют метафоры или термины-метафоры.
6. Приведите примеры терминов-метафор в цитогенетике. Дайте пояснение.
7. Поразмышляйте, какие самые известные метафоры используются в научной литературе? Приведите примеры.
8. Сравните «танец хромосом» и картину Эдварда Мунка «Танец жизни» (1899). Сделайте краткое эссе.
9. Проведите сравнение мейотического деления клетки и картиной Т. Яблонской «Молодожёны» (1966). Укажите позиции сходства.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАФОРЫ ПРИ ОБУЧЕНИИ

2.1 Эукариотическая клетка

Клетка является элементарной единицей структуры и функции всех живых организмов. Она отделена от внешней среды и других клеток цитоплазматической мембраной. Все содержимое клетки, включая ядро, называется протоплазмой. Она делится на кариоплазму (субстанция ядра) и цитоплазму (все остальное внутреннее содержимое клетки). Цитоплазма содержит органоиды – это функционально и структурно обособленные компоненты клетки.

Клетка отделена от внешней среды и других клеток цитоплазматической мембраной. Все содержимое клетки, включая ядро, называется протоплазмой. Она делится на кариоплазму (субстанция ядра) и цитоплазму (все остальное внутреннее содержимое клетки). Цитоплазма содержит органоиды – это функционально и структурно обособленные компоненты клетки (рисунок 1а).

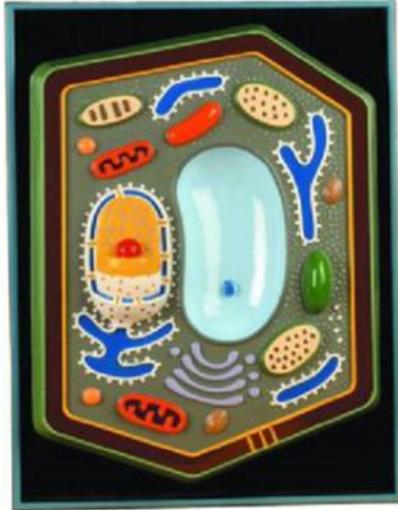
Словесная метафора. К. де Дюва «Клетка – это дом, откуда мы все произошли». И как в пространство дома поделено комнатами, так и клетка разделена на компартменты, что объединяется общим принципом компартментализации. В каждом компартменте проходят разные процессы (рисунок 1б).

«Клетка – мой замок и моя темница, но, как одалиске в гареме, мне (хромосоме) дозволено плавать и танцевать».

А. Лима-де-Фария

«Клетка – элементарная живая самовоспроизводящаяся система, ограниченная избирательно проницаемой мембраной, содержащая генетическую информацию своего вида и механизмы, синтезирующие пластические вещества, а также богатые энергией соединения для обеспечения клеточного метаболизма».

В. Я. Александров



а



б

Рисунок 1 – Схематическое изображение растительной клетки (а) и ее метафора в виде картины К. Малевич «Красный дом» (б)

«Под микроскопом клетка похожа на яичницу-глазунью: у нее есть белок (цитоплазма клетки), состоящий из воды и протеинов, который служит для питания клетки, и желток (ядро), содержащий всю генетическую информацию, благодаря которой каждый организм есть то, что он есть. Цитоплазма бурлит, как улицы Нью-Йорка. Она до краев наполнена молекулами и транспортными средствами, которые без остановки перевозят ферменты и сахара и одной части клетки в другую, а также перекачивают воду, питательные вещества и кислород внутрь клетки и из нее. В совокупности маленькие цитоплазматические фабрики работают безостановочно, в массе производя сахар, жиры, белки и энергию, необходимые для поддержания клетки в рабочем состоянии и для питания ядра, которое является мозгом этого процесса» (Р. Склутт, 2011).

Ядро в эукариотической клетке также имеет двойную мембранную оболочку. Таким образом, каждая мембранная органелла представляет собой структуру цитоплазмы, ограниченную мембраной. Вследствие этого внутри нее образуется пространство, отграниченное от гиалоплазмы. Цитоплазма оказывается, таким образом, разделенной на отдельные отсеки со своими свойствами – компартменты. Наличие компартментов – одна из важных особенностей эукариотических клеток.

Эндоцитоз – поступление веществ в клетку осуществляется плазмалеммой. Различают пиноцитоз (захват клеткой жидких коллоидных частиц) и фагоцитоз (поглощение более твердых и крупных частиц). Для того чтобы внешние молекулы поступили в клетку, они должны быть сначала связаны рецепторами. Плазмалемма вместе с присоединенными извне молекулами начинает впячиваться. Впячивание становится все глубже, его края сближаются и затем смыкаются. Пузырек с захваченными молекулами отщепляется.

Механизм экзоцитоза обеспечивает выведение крупномолекулярных соединений из клетки. Сначала крупномолекулярные вещества сегрегируются в комплексе Гольджи в виде транспортных пузырьков. Последние с участием мик-

ротрубочек направляются к клеточной поверхности. Мембрана пузырька встраивается в плазмалемму, и содержимое пузырька оказывается за пределами клетки (К. Де Дюв, 1989).

Развитие клеточной теории привело к понятию «ткани», введенному Н. Грю в 1682 г., которое также представляет собой метафору: стенки клеток переплетены как волокна у текстиля. В современной теории клетка рассматривается как фабрика или же как маленькое государство, в котором имеют место, например, транспортная система, система каналов и насосов. В описании клетки, кроме того, присутствуют метафоры, заимствованные из других предметных областей, в частности, географии, например, «экватор» клетки, где собираются хромосомы перед ее делением. При описании деления клетки используются бытовые метафоры, среди них например «веретено», «танец хромосом».

Метафора А. Панчина по аутофагии (2016)

«Один из механизмов, позволяющий увеличивать продолжительность жизни посредством голодания, – активизация процесса аутофагии. Обычную сытую клетку можно представить себе как героя «Мертвых душ» Плюшкина, который был очень бережлив и хранил всякое старье: «Там на полке есть сухарь из кулича... сухарь-то сверху, чай, поиспортился, так пусть соскоблит его ножом, да крох не бросает, а снесет в курятник». В ходе аутофагии клетка «переваривает» ненужные внутренние компоненты, избавляется от «мусора».

Метафора Клода де Дюва

Знакомство с янусом, двуликим посредником

У древних римлян было божество по имени Янус – в честь него назван месяц январь. Янус был двуликим – одно его лицо обращено в прошлое, другое – в будущее. Биохимия открыла своего Януса в качестве связующего демона биосинтеза. Он образуется в результате нуклеофильной атаки кислородсодержащего строительного блока ($X-OH$ или $X-O^-$) на АТФ или какую-либо родственную богатую энергией молекулу, которую мы обозначим условно $A-B$, чтобы не вдаваться в дебри химии. Атака начинается атомом кислорода: Двуликий Янус состоит из двух способных к переносу групп, связанных центральным атомом кислорода. Атакуемый слева, он в результате отдает группу B^+ , справа – группу X^+ . В каждом случае оставшаяся группа остается с кислородом (рисунок 2).

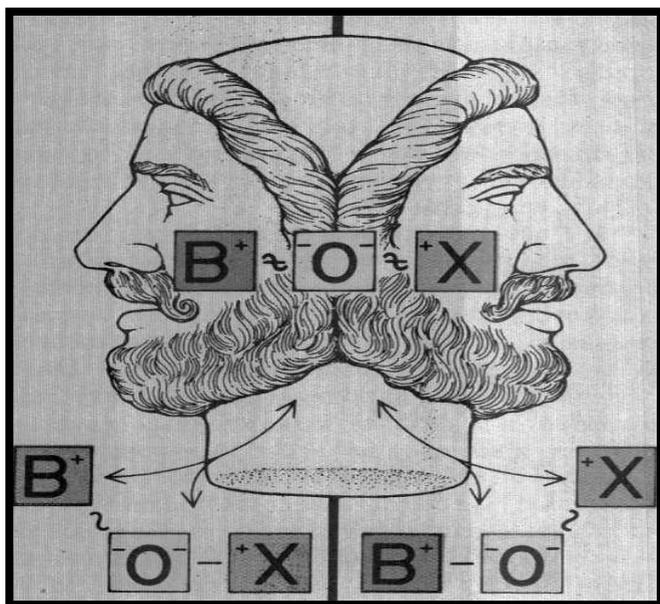


Рисунок 2 – Двуликий янус

Контрольные вопросы и задания

1. Проведите сравнение определения клетки со словесной метафорой. Укажите общие черты.
2. Приведите примеры метафор к принципу компарментализации.
3. Подберите метафоры словесные и визуальные на основе произведений живописи к теме «Эукариотическая клетка».
4. Выпишите имена ученых и их термины-метафоры к теме «Эукариотическая клетка».
5. Приведите примеры метафоры аутофагии.

2.2 Ядро. Хромосома

Ядро является центром, управляющим жизнедеятельностью клетки и координирующим ее. Оно несет генетическую наследственную информацию, заключенную в ДНК. Ядро имеет сложное строение, изменяющееся на разных стадиях жизненного цикла клетки.

В неделящейся клетке (интерфазе) ядро занимает приблизительно 10–20 % ее объема. Оно окружено ядерной оболочкой (мембраной), пронизанной порами, через которые осуществляется обмен веществ между ядром и цитоплазмой клетки. Ядерная оболочка состоит из двух мембран – внутренней и наружной. Они разделены между собой перенуклеарным пространством (20 нм). Наружная ядерная мембрана содержит большое количество рибосом, тесно контактирует с эндоплазматическим ретикулулом. Внутренняя ядерная мембрана контактирует с хромосомным материалом. Ядерная оболочка отсутствует у бактерий и сине-зеленых водорослей. Их ДНК лежит в области цитоплазмы, называемой нуклеоидом.

Ядро заполнено ядерным соком (кариолимфа, нуклеоплазма). Нуклеоплазма содержит хроматин – деспирализованные (развернутая спираль) хромосомы. Каждая хромосома имеет в ядре определенное место (отсек). Хромосома – спирализованная нить хроматина – ДНП (дезоксинуклеопротеида), который представляет собой комплекс ДНК с белками – гистонами (щелочные белки). Хромосомы видны только во время деления клетки. Удвоение хромосом происходит в интерфазе. У прокариот генетический материал представлен ДНК, не связанной с какими-либо белковыми структурами.

Ядрышки – тельца, связанные с рибосомами, содержат большое количество *рибонуклеиновой кислоты* (РНК). В них происходит синтез одной из РНК клетки, а именно *рибосомной*, образование рибосом, на которых идет синтез белка в клетке, а также они участвуют в начальном этапе сборки рибосом. Количество ядрышек колеблется от 1 до 10 в зависи-

мости от периода жизни клетки. В образовании ядрышек принимает участие ядрышковый организатор – вторичная перетяжка хромосом. Ядрышки имеют самую плотную структуру в клетке.

Метафора о ДНК

Шарон Моалем: «Наша ДНК представляет собой спираль. Немного напоминает то, как свивается ленточка, которой перевязывают коробку с подарком.

Существуют способы такую ленточку развязать и взглянуть на то, что внутри. Обычно сначала ДНК нагревают, чтобы расплести ее нити. Затем специализированный фермент многократно копирует интересующий нас участок. И в конце мы добавляем специальные краски, чтобы эти кусочки увидеть. И то, что мы в итоге видим, может сказать нам больше, чем фотография».

По мере совершенствования методов изучения ДНК было обнаружено, что только 3 % всей ДНК человеческих хромосом действительно являются несущими информацию генами. В действительности все экзоны (участки, непосредственно кодирующие белки) человеческого генома в сумме составляют только 1,5 %. А целых 97 % генома в гены не входят. Вся эта избыточная ДНК была приговорена быть не просто «мусором», но даже «бессмысленной» ДНК.

Метафора о роли передачи наследственной информации через ДНК

Шарон Моалем: «Наш облик рождается в сложнейшем танце клеток человеческого эмбриона. И каждый раз, когда танцоры запинаются, что-то навечно отпечатывается на лице. И все могут это видеть».

Гилберт указывал, что основное содержание ядра – «этакая шкатулка с драгоценностями», т. е. в нем содержатся

ся молекулярная информация, определяющая дальнейшее развитие организма.

Метафора об РНК

С. Альберт: «Спонтанные повреждения ДНК, оставшиеся неисправными, быстро изменяют последовательность ДНК.

РНК-надзор, дополнительный механизм, т. е. форма контроля качества РНК. Система проверки состоит из молекулярных ансамблей, которые прицельно контролируют качество матричных РНК».

«Шкатулка с драгоценностями» морского ежа содержит 25000–50000 различных типов мРНК с информацией о развитии эмбриона. Время работы их строго определено. До активации ионных сигналов эти мРНК хранятся в «спящем» состоянии. Они кодируют множество белков, выполняющих различные функции. Это «ключи» к началу и поддержанию таких критических процессов, как регуляция клеточного деления, движения клеток, образования веретена деления, расширения хроматиновых доменов. Практически ни одно важное событие определения структуры эмбриона не обходится без мРНК.

Метафора о гене

Первый период формирования представлений о гене характеризуют высказывания классиков генетики. Гальтон высказал свою точку зрения: «Клетки и их содержимое представляют собой для биолога, занимающегося микроскопированием, примерно то же самое, что представляют мешки с письмами для любопытных, смотрящих в окно почтампа. Эти зрители могут составить себе кое-какое представление о том, что происходит на почте, но что написано в письмах, этого

они никоим образом не могут знать» (С. Г. Инге-Вечтомов, 2015)

Метафора о считывании и копировании наследственной информации в ядре клетки (по А. С. Константинову, Г. С. Тарасевич, А. Н. Торгашеву и др., 2015)

Читал геном, много думал...

Образ: книга, которую пишут, издают, читают.

Научный смысл: система кодирования наследственной информации живых организмов.

Автор: эволюция, силы природы.

Алфавит: четыре нуклеотида, связанные в цепочки ДНК. Это буквы нашей книги: А, Т, G, С.

Слова: 64 кодона генетического кода последовательно по три нуклеотида. Среди этих трехбуквенных слов есть и три слова, обозначающие точку. К словам можно также отнести и управляющие элементы ДНК.

Например, промотор – слово, обозначающее, что в этом месте можно начинать читать очередную фразу.

Фразы: гены, которые кодируют информацию о каком-нибудь белке или нескольких белках.

Текст: вся последовательность ДНК.

Плагиат: горизонтальный перенос генов.

Издатель: живая клетка.

Печатный станок: ДНК-полимераза. Копирует и размножает ДНК. Печатной формой служит материнская ДНК.

Опечатки: мутации

Корректор: проверка осуществляется на разных стадиях – к примеру, ошибки в генетическом тексте ищет все та же ДНК-полимераза.

Переводчик: РНК-полимераза. Переводит с языка ДНК отдельные гены на язык РНК.

Библиотека: генофонд.

Читатель: рибосома. Сложнейшая мешалка клетки, которая читает один за другим кодоны, и выстраивает в соответствии с ними цепочку из аминокислот – каждому кодону – слову соответствует одна аминокислота. Причем поскольку кодонов 64 (три из которых – точки), а аминокислот всего 20, то появляются синонимы – разные триплеты с одинаковым смыслом – одной и той же аминокислотой.

Так и получается белок, а из него мы с вами.

Шапероны – класс белков, главная функция которых состоит в восстановлении правильной нативной третичной или четвертичной структуры белков, а также образование и диссоциация белковых комплексов.

Термин «молекулярный шаперон» впервые был использован в 1978 г. в работе Рона Ласкей, профессора эмбриологии из Кембриджского университета при описании ядерного белка нуклеоплазмина, способного предотвращать агрегирование белков-гистонов с ДНК при образовании нуклеосом. Шапероны есть во всех живых организмах, и механизм их действия, нековалентное присоединение к белкам и их «расплетение» с использованием энергии гидролиза АТФ, также консервативен.

Основная функция белков-шаперонов – обеспечение правильной сборки других белков.

Метафора о шаперонах

Лима-де Фария А.: «Шаперон – пожилая или замужняя женщина, сопровождающая молодую незамужнюю девицу на светские мероприятия, особенно с присутствием мужчин. Ее основная задача – не позволять мужчинам заходить слишком далеко, но в то же время, способствовать выгодным партиям».

Хромосома – постоянный компонент ядра, отличающийся особой структурой, индивидуальностью, функцией и способностью к самовоспроизведению, что обеспечивает их преемственность, а тем самым и передачу наследственной информации от одного поколения растительных и животных организмов к другому. Совокупность числа, величины и морфологии хромосом называется кариотипом данного вида

Хромосома состоит из двух сестринских хроматид, объединенных первичной перетяжкой (центромерой). Концевые участки хромосомы называют теломерами. Некоторые хромосомы имеют вторичную перетяжку (ядрышковый организатор). Спутник – это хромосомный сегмент, чаще всего гетерохроматический, расположенный дистально от вторичной перетяжки. По классическим определениям спутник – сферическое тельце с диаметром, равным диаметру хромосомы или меньше его, которое связано с хромосомой тонкой нитью (вторичной перетяжкой).

Хроматин – основной компонент клеточного ядра. В среднем в хроматине 40 % приходится на ДНК и около 60 % на белки. Способность к дифференциальному окрашиванию легла в основу выявления двух фракций хроматина – гетеро – и эухроматина. Хейтц, открывший это явление, нашел, что определенные участки хромосом остаются в конденсированном состоянии в течение всего клеточного цикла, сильно окрашиваются, и назвал их *гетерохроматин*, а участки, деконденсирующиеся в конце митоза и слабо окрашенные – *эухроматином*. Эухроматин более активен, в нем есть гены, отвечающие за жизненно-важные функции организма.

При анализе морфологии хромосом принимают во внимание следующие признаки: длину плеч, положение центромеры, наличие вторичной перетяжки или спутника.

Длинные хромосомы обозначаются буквой *L* (от английского слова long), средние – *M*, короткие – *S*. При срединном положении центромеры у метацентрических хромосом гово-

рчат о медианной центромере (m); у субметацентрических хромосом центромера субмедианная (s); положение центромеры у акроцентрических хромосом сдвинуто к одному из коротких плеч и обозначается буквой a . Характеристика хромосомы записывается в виде заглавной буквы, обозначающей ее размер, и малой буквы в виде нижнего индекса, отмечающей положение центромеры. Наличие вторичной перетяжки (c) указывается в виде верхнего индекса заглавной буквы. Цифры перед заглавной буквой указывают на число пар сходных хромосом в гаплоидном наборе хромосом.

Функции хромосом

1. Информационная – содержит ДНК, в которой находятся качественно различные гены, составляющие геном организма.

2. Транскрипционная – с ДНК генетическая информация переписывается на матричную РНК, которая переносит ее из ядра в цитоплазму.

3. Структурно-организационная – обеспечивает исключительно точное воспроизведение хромосом при репликации и идентичность дочерних хромосом, расходящихся к полюсам.

4. Сегрегационная – обеспечивает распределение хромосом по полюсам в разные споры или гаметы при мейозе.

5. Рекомбинационная – обеспечивает значительную часть комбинативной изменчивости – рекомбинацию сцепленных генов.

Хромосомы клеток могут находиться в двух морфологических состояниях:

– максимально конденсированное – компактное, метаболически неактивное транспортное состояние, предназначенное для – переноса во время клеточного деления огромных по длине молекул ДНК в минимальном объеме;

– деконденсированное, при котором линейная длина развернутых хромосом увеличивается в десятки, а иногда и в сотни раз, метаболически активное состояние, связанное с синтезом ДНК и РНК (интерфаза) (Л. В. Цаценко, 2013, 2015).

Метафора о различных состояниях хромосомы в ядре
(А. Лима-де-Фария)

«В начале мое платье собирается из витиеватых маленьких украшений, называемых «хромомеры», в то время как мои нити закручиваются в спирали.

Я, незамеченная публикой, и через минуту на мне уже следующий наряд, а в то это время я, словно акробат, удлиняюсь и сокращаюсь».

Метафора о положении хромосомы в ядре
(А. Лима-де-Фария)

«Я неприметное и непривлекательное создание, покрашенное губной помадой.

Высшие дамы из высшего общества накрашивали щеки и губы кармином, который добывают из букашек, обитающих на кактусах Тропической Америки. А если каплю кармина капнуть на раздавленную клетку, я становлюсь розовой – и различимой».

«Во время клеточного деления, когда я лучше всего видна, я была похожа на вытянутый цилиндр. Я похожа если позволено будет прибегнуть к гастрономическим терминам, на сосиску или даже связку сосисок с перетяжкой посередине, там, где расположена моя центромера – место, важное для моего движения. Эта перетяжка делит мое тело на то, что цитологи называют «плечами» – хотя у меня нет ни плеч, ни рук, ни ног. И более того, если мне никогда не обратиться, и никогда я не знала другого обиталища. Я при-

говорена к этому вечному заточению. Но не так все мрачно: в этих стенах я развлекаюсь множеством забав».

«Хромосома поддерживает постоянство, вводит новшества и производит разведку, пользуясь собственными средствами».

Пояснение. Поддерживание постоянства достигается путем сохранения генных последовательностей. В этом участвуют несколько механизмов: репарация ДНК, коррекция и элиминация ценных хромосомных последовательностей.

Введение новшеств или создание новых генных последовательностей. Разведка заключается в переводе генетических путей на новые функциональные направления. В сущности они постоянно исследуют возможности новых решений.

М. С. Навашин: «Хромосомы, в представлении подавляющего большинства исследователей, индивидуально перманентные образования, проносящие через века и поколения свою интимную материальную структуру – «набор генов», сила которых населяет землю многообразными живыми существами».

Хиточи Кихара: «История земли записана в слоях ее коры, история всех организмов внесена в хромосомы».

Метафора о строении хромосомы
(Н. В. Тимофеев-Ресовский, 1978)

«Основные единицы хромосом высших организмов – нуклеосомы – также образуются путем самосборки.

Нуклеосомную структуру в виде «бусин на нити» можно воссоздать *in vitro* из очищенной ДНК и четырех выделенных белков-гистонов.

Хромосомы представлены в ядре «в виде густоокрашенных колбасок».

«Хромосомы упакованы так, как некоторые представительницы дамского пола умеют упихивать дюжину смен белья, три платья, две пары башмаков и еще многое в один чемодан».

Хромосомы «типа ламповых щеток»

Хромосомы типа ламповых щеток представляют собой сильно удлинённые хромосомы, для которых характерно наличие боковых петель. Такие хромосомы можно наблюдать в профазе мейоза. Свое название они получили из-за большого сходства со щетками, которыми раньше чистили стекла керосиновых ламп. Правда, в отличие от ламповых щеток, у которых щетинки торчат во всех направлениях, петли хромосом типа ламповых щеток расположены попарно по обе стороны от оси. Хромосомы этого типа впервые были открыты В. Флеммингом в 1878 г.

Каждая хромосома типа «ламповых щеток» состоит из двух хроматид и имеет многочисленные парные боковые петли. Две петли, выходящие из одной и той же пары хромомеров, являются, по сути двумя хроматидами. Каждая петля устроена довольно сложно: она имеет нитевидную сердцевину, окруженную накопленными в данном районе продуктами активности. От начала до конца петли накопление продуктов происходит асимметрично. На одном конце их почти нет, на другом – максимальное количество. По характеру накопления материала петли могут сильно различаться.

Хромосомы типа ламповых щеток распространены в царствах растений, грибов и животных (у моллюсков, амфибий, хордовых, рептилии, среди растений – у водорослей, лука, кукурузы).

Значение данного типа хромосом заключается в том, что они удобны для картирования в них молекулярных и генетических маркеров. Существование таких хромосом позволяет картировать хромосомы с высоким уровнем разрешения.

*Метафора А. Лима-де-Фария о хромосомах типа
«ламповых щеток»*

«На определенных стадиях деления хромосомы образуют длинные петли, которые отходят от основного тела, становясь похожими на ламповые щетки. Их так и назвали «хромосомы типа «ламповых щеток». Эти петли могут быть разных размеров – одни крупнее, другие мельче. На них вдоль хромосомы синтезируются РНК. Стремление человечества в определенные моменты истории поправить человеческие ценности помогло подобрать объяснение этому явлению. Это была аналогия хозяина и рабов: предполагалось, что одни участки хромосомы – это «хозяева», которые определяют участие участков-«рабов».

В-хромосомы

(синонимы: добавочные, необычные, таинственные)

В-хромосомы часто называют добавочными, необязательными, и долгое время данный тип хромосом оставался загадкой.

Впервые В-хромосомы были обнаружены Э. Вильсоном в 1905 г. у клопа *Matopodius terminalis*.

В настоящее время В-хромосомы обнаружены у 80 видов животных и 256 видов растений.

Свойства В-хромосом:

1) присутствие не обязательно; наличие (отсутствие) в кариотипе не сказывается на фенотипе;

2) не гомологичны А-хромосомам, не содержат никакого генетического материала;

3) не имеют экспрессирующихся генов с существенными для жизни организма функциями;

4) по размерам меньше хромосом основного набора;

5) для некоторых видов растений характерно явление соматической элиминации, т. е. В-хромосомы могут неизменно обнаруживаться в микроспорах, но не в клетках корня;

б) обладают способностью к увеличению своего количества в последующих поколениях при половом размножении;

7) как правило, В-хромосомы встречаются у малохромосомных видов.

Метафора А. Лима-де-Фария о В-хромосомах

«Когда цитологи обнаружили, что моими обычными товарищами в ядре время от времени становятся какие-то дополнительные хромосомы, то задались вопросом об их роли. Естественно, они поспешили дать объяснение, что больше подходящее к человеческому обществу: эти дополнительные хромосомы были объявлены «паразитическими». Как обнаружилось позже, дополнительные хромосомы могут служить резервом генетического материала, а иногда – брать на себя роль половых. Кроме того множество, таких хромосом было обнаружено у большинства видов, живущих в нормальных природных условиях. И тем не менее обвинение в паразитизме было гораздо более популярным, и во многом таким и продолжает оставаться».

Контрольные вопросы и задания

1. Прокомментируйте этапы «считывания информации» в сравнении с чтением книги. Детализируйте каждый этап.

2. Почему хромосомы бесцветны, что дает окрашивание и какими красителями?

3. Какое насекомое используется для приготовления красителя при окрашивании хромосом?

4. Укажите, за счет каких механизмов хромосома поддерживает постоянство.

5. Какие функции хромосомы включены в определение М. С. Навашина?

6. Какие функции хромосомы включены в определение японского цитогенетика Хиточи Кихары?

7. Прокомментируйте метафоричные термины:

хромосомы – барабанные палочки;

митотическое веретено;

репликационная вилка;

хромосомный мост;

хромосомы типа ламповых щеток;

добавочные, таинственные, мистические хромосомы.

8. Опишите строение хромосомы в метафорическом сравнении.

9. Почему хромосома заточена в «клетке»?

10. Подумайте с какой картиной Анри Матисса можно сравнить эту метафору ««Хромосомы также заточены в клетке, как рыбы в аквариуме. В ядре хромосомы движутся, как рыбки в аквариуме, без помощи нитей веретена деления». А. Лима-де-Фария, 2012.

11. Объясните смысл метафоры о белках-шаперонах.

12. Найдите в Интернете визуальные метафоры строения хромосомы или представьте свой вариант.

13. Приведите термины-метафоры к В-хромосомам.

14. Что такое «робертсоновский веер»? Примеры.

15. Что такое «химерные хромосомы»? Приведите примеры.

Задание 1. Прочитайте отрывок из темы «Ядро. Хромосома (Л. В. Цаценко, Ю. С. Бойко, Цитология, 2010).

Выпишите термины-метафоры и дайте им определение.

«Ядрышко – не самостоятельная структура или органоид. Оно – производное хромосомы, один из ее локусов, активно функционирующий в интерфазе. Ядрышки – тельца, связанные с рибосомами, содержат большое количество *рибонуклеиновой кислоты* (РНК). В них происходит синтез одной из РНК клетки, а именно *рибосомной*, образование рибосом, на которых идет синтез белка в клетке, а также они участвуют в на-

чальном этапе сборки рибосом. Количество ядрышек колеблется от 1 до 10 в зависимости от периода жизни клетки. Ядрышки имеют самую плотную структуру в клетке.

Начиная с зеленых водорослей, грибов и низших простейших и кончая высшими организмами, все клетки имеют обязательные внутриядерные структуры – ядрышки. Это правило имеет большое число исключений, которые только подчеркивают важность и необходимость ядрышка в жизненном цикле клетки. К таким исключениям относятся клетки дробящихся яиц, где ядрышки отсутствуют на ранних этапах эмбриогенеза, или клетки закончившие развитие и необратимо специализировавшиеся, например, некоторые клетки крови.

Количество ядрышек в клетке может меняться, однако их число на ядро зависит от генного баланса клетки. Было найдено, что в образовании ядрышек участвуют определенные места некоторых хромосом, связь которых с ядрышком можно хорошо проследить в телофазе и профазе. Такие хромосомы, как правило, имеют вторичные перетяжки, зоны которых представляют собой места, где идет развитие ядрышек. МакКлинтон назвала эти участки хромосом «ядрышковыми организаторами».

Места вторичных перетяжек особенно характерны для расположения ядрышковых организаторов, но последние иногда могут находиться на концах хромосом или в нескольких местах по длине хромосомы.

Общее число ядрышек на ядро определяется числом ядрышковых организаторов и увеличивается согласно пloidности ядра. Однако часто количество ядрышек на ядро бывает меньше числа ядрышковых организаторов. Было показано, что ядрышки могут сливаться; кроме того, в образовании одного ядрышка иногда участвует несколько организаторов.

Еще в работах М. С. Навашина (1934) было показано, что хромосомный локус, который в нормальных условиях образует крупное ядрышко, становится неактивным, когда после гибридизации в ядре появляется более «сильный» локус на

другой хромосоме. Тот факт, что в определенных условиях может подавляться активность одних ядрышковых организаторов или же повышаться активность других, бывших до этого в латентном, скрытом состоянии, указывает на то, что в клетках поддерживается определенный баланс количества ядрышкового материала или, другими словами, регулируется “валовая” продукция, выдаваемая ядрышками».

Задание 2. Прочитайте отрывок из книги А. Лима-де Фария «Похвала “глупости” хромосомы. Исповедь непокоренной молекулы» (2012).

Выпишите термины-метафоры и дайте им определение.

«Хитростей множество. Упомяну только некоторые. На заре эволюции, живя в бактериях, а не нуждалась в концах, так так была я кольцевой. Но когда появилось ядро, а я стала линейной, я столкнулась с проблемой: как поступить с моим новым обретением – теломеры. Затем я придумала и сделала себе специальные места, которыми я цепляюсь за ленты веретена, и путешествие к полюсам клетки во время деления стало гораздо комфортабельнее. Эти места – центромеры, раньше я о них даже и не задумывалась. Подобно скарабею, собирающему шарики навоза и упорно катящему их в свою норку день за днем, я тоже создала большой шар из рибосомных РНК».

Задание 3. Прочитайте отрывок. Прокомментируйте метафоричные сравнения.

По образному выражению академика Л. Л. Киселева: «Геном человека представляет собой молекулярное кладбище, на котором покоятся вирусные, бактериальные гены, большинство из них молчит и не функционирует».

Задание 4. Прочитайте отрывок из книги К. Несса. Мусорная ДНК. Путешествие в темную материю генома (2016).

Выпишите термины-метафоры и дайте им определение. Составьте словарь метафор.

Представьте себе напечатанный на бумаге сценарий пьесы, фильма, телевизионного шоу. Любой может прочесть его, как книгу. В этом нет ничего сложного. Но сценарий делается гораздо мощнее, когда на его основе что-то создают. Перед нами уже не просто вереница слов на листке, когда эти слова произносят вслух, а уж тем более – когда их исполняют профессиональные актеры.

Вот и с ДНК, по сути, такая же история. Это, в общем, тоже сценарий, но совершенно необычный. При помощи весьма скудного алфавита, состоящего всего из 4 букв, ДНК ухитряется нести в себе код для самых разных организмов, от бактерий до слонов, от пивных дрожжей до синих китов. Хотя ДНК в пробирке – штука довольно скучная. Ничего она там не делает. ДНК становится куда интереснее, когда клетка или организм использует ее, чтобы, так сказать, поставить пьесу. ДНК обеспечивает код для создания белков, а белки жизненно необходимы для процессов дыхания, питания, избавления от продуктов жизнедеятельности, размножения – и всех прочих функций, характерных для живых существ.

Белки – настолько важная вещь, что в XX в. ученые именно через них давали определение гену. Ген описывали как участок ДНК, кодирующий тот или иной белок.

Возьмем самого знаменитого драматурга всех времен и народов – Шекспира. На волну его текстов не всем легко настроиться, потому что с шекспировских времен английский язык успел довольно сильно измениться. Но все равно мы всегда твердо уверены: Бард писал лишь те слова, которые хотел вложить в уста актеров.

Но наш ДНК-сценарий не покажется нам таким же благо-разумно-компактным, как шекспировская строка. Каждый участок, кодирующий белок, представляет собой, в сущности,

целое море бессмысленной чепухи, где плавает одноединственное осмысленное слово.

Много лет ученые никак не могли объяснить, почему такое количество нашей ДНК не кодирует никаких белков. Эти не кодирующие участки пренебрежительно называли термином «мусорная ДНК». Однако со временем ученые стали приглядываться к мусорной ДНК все внимательнее, причем по целому ряду причин.

Пожалуй, наиболее фундаментальная из них – огромная доля мусорной ДНК в наших клетках. В 2001 г. специалисты наконец завершили расшифровку человеческого генома (так называемое секвенирование). Какое же открытие стало для них едва ли не самым сильным потрясением? То, что более 98 % ДНК в человеческой клетке относится именно к категории мусорной. Иными словами, эти 98 % не кодируют никаких белков! Аналогия с шекспировскими произведениями, которую мы привели выше, на самом-то деле получилась даже упрощенная. По генетическим меркам отношение объема «чепухи» к объему осмысленного текста в человеческом геноме примерно в 4 раза выше, чем в нашем примере: больше 50 букв всякого сора на одну букву осмысленных слов.

Можно предложить и другие сравнения. Представьте, что мы с вами посещаем автомобильный завод, где выпускают, скажем, что-нибудь ужасно сложное вроде «феррари». Мы очень удивимся, если увидим, что на каждых 2 рабочих, которые честно собирают сверкающий красный спорткар, приходится 98 бездельников, которые сидят сложа руки. Это было бы нелепо и смешно. Почему же так происходит в нашем геноме? Разумно ли такое положение вещей? Ну да, именно несовершенства живых существ зачастую служат самыми убедительными доказательствами того, что эти самые существа произошли от какого-то общего предка (пример такого «несовершенства» – аппендикс, который человеку вроде бы не очень-то и нужен). Но не заходим ли мы слишком далеко в

наших рассуждениях о подобных «лишних» компонентах организма?

Вязание с помощью ДНК

Ген (узор для вязания) в конечном счете кодирует белок (свитер). Белки – те молекулы, которые, по общепринятому мнению, делают всю работу в клетках. Они выполняют невероятное количество функций. Взять хотя бы гемоглобин в красных кровяных тельцах: он разносит кислород по нашему телу. Или вот другой белок – инсулин: его вырабатывает поджелудочная железа, и он помогает мышечным клеткам усваивать глюкозу. Тысячи и тысячи белков выполняют функции, необходимые для поддержания жизни. Диапазон этих функций ошеломляет.

Засидевшиеся гости

Каждый британский школьник знает эту дату – 1066г. В тот год Вильгельм Завоеватель вместе со своими войсками вторгся в Англию из Нормандии (сегодня это часть Франции). И это не был просто какой-то мимолетный набег. Захватчики остались в завоеванных землях надолго, перевезли на новые берега свои семейства. Росло их количество, а также их влияние. В конце концов они ассимилировались, став неотъемлемой частью английского политического, культурного, социального и языкового ландшафта.

Каждый американский школьник знает другую дату – 1620 г. В этом году корабль «Мэйфлауэр» бросил якорь близ полуострова Кейп-Код, положив начало мощнейшей волне миграции из Европы в Северную Америку. Подобно норманнам в Британии полутысячелетием раньше, эти первые поселенцы быстро увеличили свою численность, навсегда изменив североамериканский ландшафт.

Похожее событие произошло с человеческим геномом много тысяч лет назад. В него вторглись чужеродные элементы ДНК. Вскоре их число необычайно возросло. В конце концов они стали стабильными, неотъемлемыми компонентами нашего генетического наследия. Эти чужеродные элементы – своего рода «окаменелости» нашего генома, хранящие в себе летопись прошлого, которую можно сравнивать с аналогичными летописями других видов. Кроме того, эти элементы влияют на функционирование наших генов, кодирующих белки, на наше здоровье и болезни.

Хотя они способны оказывать воздействие на экспрессию генов, кодирующих белки, эти чужеродные элементы сами не кодируют белки. А значит, относятся к категории мусорной ДНК.

Фильм «Поменяться местами» (1983) с Дэном Эйкroyдом, Эдди Мёрфи и Джейми Ли Кёртис в год своего выхода наделал много шума, собрав в американском прокате больше 90 млн. долларов. Это комедия с хитро закрученной интригой. В основе сюжета лежит, в сущности, исследование того, как на человека влияют его гены, а как – среда, в которой он находится. Почему человек добивается успеха – благодаря врожденным талантам или же из-за особенностей среды, в которую помещен? Создатели фильма явно склоняются ко второму варианту ответа.

Что-то похожее происходит и в наших геномах. Отдельный ген может играть сравнительно невинную роль. Благодаря ему определенный белок будет вырабатываться со строго определенной скоростью. И одним из важнейших факторов, контролирующих количество синтезируемого белка, является положение гена в хромосоме.

А теперь представим себе, что этот ген перенесли в новое окружение подобно тому, как герой Дэна Эйкroyда оказывается в трущобах, а персонаж Эдди Мёрфи – в богатом особняке. В новой среде наш перемещенный ген окружен новой для него геномной информацией, которая призывает его выраба-

тывать гораздо более высокие дозы белка. А повышенное содержание белка, в свою очередь, побуждает клетку расти и делиться быстрее, чем обычно. Это может стать началом развития рака. В самом гене ничего плохого нет, он просто в неподходящее время очутился в неподходящем месте.

Причина этого процесса – одновременный разрыв двух хромосом в одной клетке. Когда хромосома разрывается, клеточная «ремонтная аппаратура» тут же находит место разрыва и снова сшивает два куска. Обычно такой ремонт протекает довольно гладко. Но если в одно и то же время разорвутся две хромосомы (или больше), могут возникнуть проблемы. Концы хромосом могут оказаться связанными не так, как нужно. В результате хороший ген может оказаться в дурном обществе и стать причиной неполадок. Особенно это важно из-за того, что перекроенные таким путем хромосомы передаются всем последующим поколениям этой клетки. Возможно, самый известный пример здесь – разновидность рака крови человека, именуемая лимфомой Бёркитта. Это приводит к очень сильной сверхэкспрессии гена, что побуждает клетку размножаться самым агрессивным образом.

Шнурки ДНК

Для чего клетки обзавелись особыми структурами на нормальных концах хромосом? Вы носите обувь на шнуровке? Если да, то взгляните-ка на свои шнурки. На каждом конце у них небольшой колпачок из металла или пластмассы – наконечник, который мешает шнурку расплестись и растрепаться. У наших хромосом тоже есть наконечники. Эти штуковины чрезвычайно важны для поддержания целостности генома.

Хромосомные наконечники называются теломерами.

Включить и усилить

Бугатти Вейрон – самый дорогой автомобиль для езды по обычным дорогам. Стоит он всего-навсего 1 млн 700 тыс.

долл. Трудно определить, какая машина самая дешевая. Возможно, на эту честь может претендовать Дачия Сандеро: ее цена – примерно процент от цены Вейрона. Однако у обоих транспортных средств есть много общего. В частности, оба необходимо завести, прежде чем куда-нибудь на них поехать. Если вы не запустите двигатель, у вас ничего не выйдет.

С нашими генами, кодирующими белки, такая же история. Пока их не активируют и не скопируют на информационную РНК, они не будут ничего делать, оставаясь просто инертными фрагментами ДНК, точно так же, как роскошный Вейрон остается лишь грудой металла и аксессуаров, пока вы не повернете ключ зажигания. Включение гена зависит от участка мусорной ДНК, называемого промотором. Промотор располагается в начале каждого гена, кодирующего белок.

Если представить себе автомобиль традиционного типа, то промотор – это скважина для ключа зажигания. Сам ключ – это комплекс белков, которые соединяются с промотором. Эти белки называются транскрипционными факторами. Они, в свою очередь, связываются с ферментом, который создает информационные РНК, содержащие копии гена. Такая последовательность событий как раз и вызывает экспрессию гена (и управляет ею).

От кустарного промысла до фабричного конвейера

Несомненно, образование петель между отдельными регуляторными областями и генами – явление примечательное. Однако в клетках происходит и череда других дистанционных взаимодействий, еще более впечатляющая. Чтобы осознать ее значение, совершим небольшой экскурс в историю. В Британии начала XIX в. основную часть текстильных работ выполняла кустарная промышленность. В сущности, речь идет о на-

домном производстве. Каждое из таких хозяйств производило сравнительно немного. Если для какого-нибудь региона страны составить карту центров текстильного производства того времени, вы увидите множество отдельных точек, каждая из которых показывает дом, где велось производство. А полвека спустя, в эпоху промышленной революции, картина стала совершенно иной. Вместо довольно однородного распределения точек, как на полотне пуантилиста, вы увидите на карте лишь несколько больших пятен, показывающих расположение крупных фабрик.

В человеческой клетке каждого типа обычно включены тысячи генов, кодирующих белки. Эти гены распределены по нашим 46 хромосомам. Можно бы ожидать, что при анализе клеток те места, где расположены включенные гены, будут выглядеть как тысячи крошечных точек, разбросанных по всему ядру. Однако на самом деле мы увидим лишь примерно 300–500 более крупных пятен. Генетическая экспрессия в наших клетках – это вам не надомное производство. Она происходит в определенных местах ядра – на клеточных фабриках.

Почему «Лего» лучше, чем «Эйрфикс»

Многим детям (и немалому числу взрослых) нравится строить модели. Это можно делать самыми разными способами. Но давайте рассмотрим крайние варианты. Одним из самых популярных наборов-конструкторов в Великобритании стал в последние 30 с лишним лет «Эйрфикс» (*Airfix*). Маленькие пластмассовые детали самолетов, кораблей, танков и вообще почти всего, что вам может прийти в голову (как насчет бенгальских улан?), предлагаются любителям моделирования вместе с подробными инструкциями. Моделист склеивает эти части, раскрашивает их, помещает на них переводные

картинки и затем может наслаждаться законченным творением своих рук еще долгие годы.

Другая крайность – универсальная датская игрушка, которую я очень люблю. Речь идет, конечно же, о «Лего». Сейчас продается масса специализированных наборов «Лего», но основная идея в них всегда остается неизменной. Имеется сравнительно небольшое количество разновидностей компонентов, и эти детали можно соединять в любых сочетаниях по желанию пользователя. Построенную модель легко снова разобрать на исходные кирпичики, а затем использовать для создания чего-нибудь еще.

Примитивные организмы вроде бактерий тяготеют скорее к эйрфиксовскому пути. Их гены распределены четко и справедливо: каждый кодирует лишь один белок. Но чем сложнее становится организм, тем больше его геном начинает походить на «Лего»: значительно возрастает степень гибкости возможного использования компонентов. Когда мы задумываемся о том, какие же мы, люди, необыкновенные существа, можно даже воскликнуть, что на геномном уровне у нас «все потрясающе» (как сказано в известном фильме про «Лего»).

Задание 5. Прочитайте отрывок из книги М. С. Навашина (1985) о модели кольцевой хромосомы. Сделайте модель-метафору кольцевой хромосомы.

Поведение кольцеобразных хромосом может быть легко продемонстрировано при помощи простой бумажной модели (это модель широко известна среди любителей так называемых геометрических загадок). Она состоит из простой кольцеобразной склеенной вместе бумажной полосы. Если концы склеены без перекручивания полос, то мы, естественно, при разрезании кольца ножницами получим два полностью одинаковых кольца, это соответствует возникновению кольцеобразной хромосомы без перекрещивания

хроматид. Если полоса предварительно один раз перекручена, то в результате этого после разрезания возникает одно вдвое большее и дважды перекрученное кольцо; если мы его еще раз разрежем вдоль, то мы получим два кольца, вложенных друг в друга.

Задание 6. Изучите метафору-модель половых хромосом. Сделайте модели хромосом и подпишите структурные части (рисунок 3).

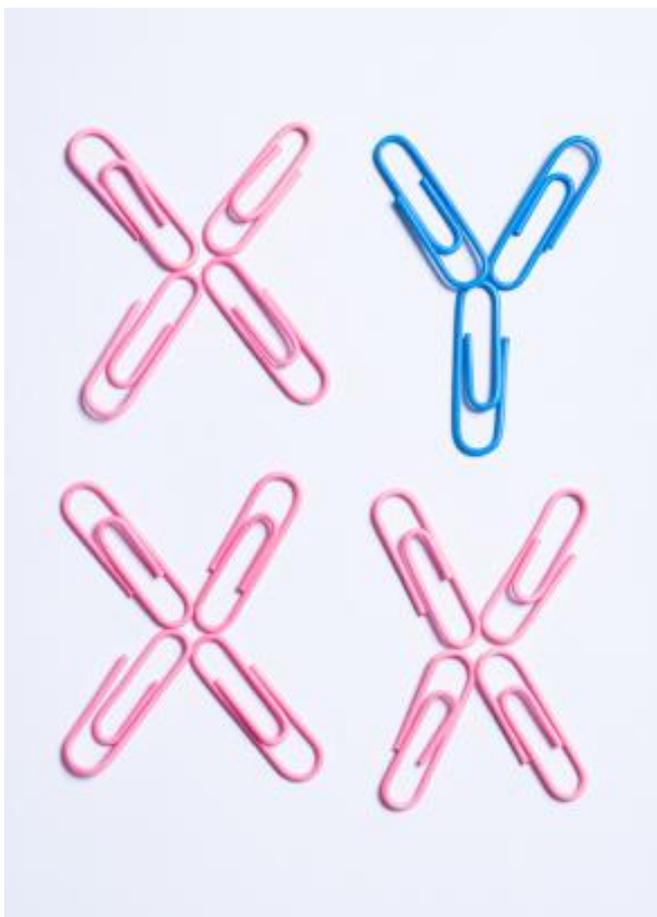


Рисунок 3 – Половые хромосомы

2.3 Деление клетки. Митоз

В основе роста, развития и преемственности жизни на Земле лежат процессы деления клеток. У многоклеточных организмов с половым размножением различают два основных типа деления клеток: митоз и мейоз. Центральная роль в обоих типах деления играет самокопирование и распределение по дочерним клеткам носителей генов – хромосом. У растений и животных хромосомы представляют собой гигантские линейные молекулы ДНК, связанные с белками. Именно ДНК обладает свойством самокопирования, или репликации. Хромосомы индивидуальны в смысле состава ДНК. Каждая из них несет лишь часть от общего набора генов. Число и структура хромосом относительно постоянны у большинства особей одного вида. У высших организмов набор хромосом парный: одна половина от матери, другая – от отца. Такие пары называются гомологичными.

Суть митоза (от греч. – нить) состоит в репликации и точном распределении между дочерними клетками набора хромосом клеточного ядра. Так обеспечивается преемственность материальных носителей наследственной информации.

Основой бесполого размножения является митоз. Митоз – это деление клетки, при котором образуются две дочерние клетки с хромосомным набором, идентичным материнскому.

Биологическое значение митоза:

1. Митотическое деление клеток приводит к увеличению их числа, обеспечивая процессы роста функционирующего многоклеточного организма.

2. Митоз обеспечивает замещение клеток истощенных или поврежденных тканей.

3. При этом процессе в ряду поколений сохраняется постоянный набор хромосом. Дочерние клетки имеют идентичные наборы хромосом (т. е. обладают равноценной наследственной информацией) и функционируют как гармоничная часть ткани, органа, организма.

4. Служит механизмом бесполого размножения, при котором создается потомство, генетически идентичное родителям.

Метафора о митозе (А. Лима-де-Фария)

«Как мюзиклы, месяцами идущие на Бродвее, это шоу – деление клетки – не сходит со сцены уже миллионы лет».

«Вместе с товарищами мы приступаем к танцу, хореография которого отточена веками. Мы начинаем, обзаведясь лентами, и двигаемся вперед и назад в середине клетки. Как в балете под звуки Венского вальса, мы танцуем и под конец расходимся в противоположные углы. Клетки. Затем музыка смолкает, и части оболочки ядра, оставшиеся в цитоплазме в ожидании конца представления, собираются со всех сторон. Они стремятся к нам и быстро собираются в новое ядро. Внезапно я вновь заточена в своем персональном аквариуме, скрытая от судорожных химических реакций, бурлящих в клетке.

Аквариум – как символ пределов жизни».

Метафора о митозе (Р. Л. Берг)

«Тайна совершенства – в свободе.

Клетка совершила величайшее дело: изобрела новый способ самовоспроизведения – деление.

Ничего не отбрасывая, не разрушая. Она создает два своих подобия, исчезая и одновременно пребывая в них.

Все, что в ней есть, совместимо с делимостью».

Делимость – антипод индивидуальности – наложила строжайший запрет на увеличение размеров, на усложнение клетки. Отсюда феноменальное сходство делящихся клеток!»

В качестве уникальной демонстрации материала выступает серия картин художницы Джулии Ньюдол. В этой серии процесс митоза был наложен на произведение Платона «Республика» где есть богиня Ананке. Ананке – в древнегреческой мифологии божество необходимости, неизбежности, персонификация рока, судьбы и предопределённости свыше. Согласно Платону, между колен Ананке вращается веретено, ось которого – мировая ось, мойры (богини Судьбы) время от времени помогают вращению.

В нижней части картины – циклические греческие символы. В первой серии, Профаза, мы видим богинь Деметру с Персефоной, греческий герой, который живет циклической жизнью, полтора года над землей и наполовину ниже с Аидом, к которому она обязана возвращаться каждый год. В первой картине она с мамой – таким образом передана вся образность циклического процесса митоза. В ближайших трех картинах: Анафаза, Метафаза и Метафаза с опозданием, можно увидеть цикл Диониса. В последней картине, Телофаза, мы видим Персефону с Аидом в подземном мире. Она теперь не только далеко от своей матери, а находится в другом мире, и мы видим, что два мира отражены в двух недавно разделившимися клетках (рисунок 3).

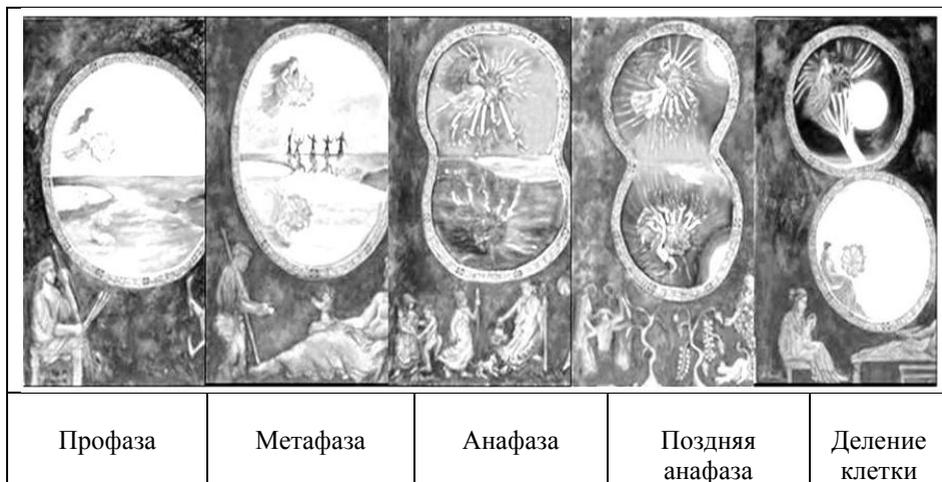


Рисунок 3 – Серии картин Джулии Ньюдол (Julie Newdollar).
 Источник: <http://www.brushwithscience.com>

Контрольные вопросы и задания

1. Опишите хореографию митоза.
2. Почему митоз имеет «упрощенный танец», как это связано с его биологическим значением.
3. Какой результат митоза.
4. Укажите термины-метафоры из отрывка книги А. Лима-де-Фария.
5. Приведите примеры визуальной метафоры митоза из сети Интернет.

Задание 1. Прочитайте отрывок из темы «Деление клетки. Митоз» (Л. В. Цаценко, Ю.С.Бойко. Цитология, 2010).

Выпишите термины-метафоры и дайте им определение.

К-МИТОЗ – это искусственный тип митоза, сходный с эндомитозом, но остановка расхождения хромосомом может быть вызвана препаратами: колхицином, аценафтоном, колцемидом. К-митоз характеризуется остановкой митоза в метафазе и рассеиванием по цитоплазме удвоенных хромосом. Хромосомы часто утолщены и укорочены: могут быть склеены в виде комковатой массы, иногда их расположение напоминает шар или звезду (в последнем случае центромерные участки всех хромосом сгруппированы в центре, а концы обращены к периферии).

Основные черты К-митоза:

- хромосомы удваиваются и спирализуются;
- ядерная оболочка исчезает;
- веретено деления разрушается под действием препаратов;
- разделение материнской клетки на две дочерние не происходит, поэтому в ней остается удвоенное число хромосом.

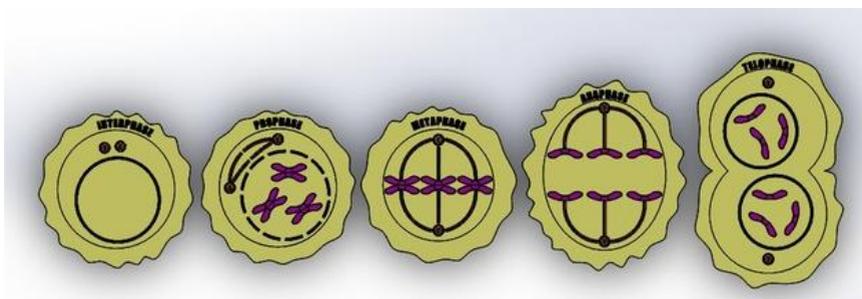
Задание 2. Прочитайте отрывок из темы «Деление клетки. Митоз» (Л. В. Цаценко, Ю. С. Бойко, Цитология, 2010).

Выпишите термины-метафоры и дайте им определение.

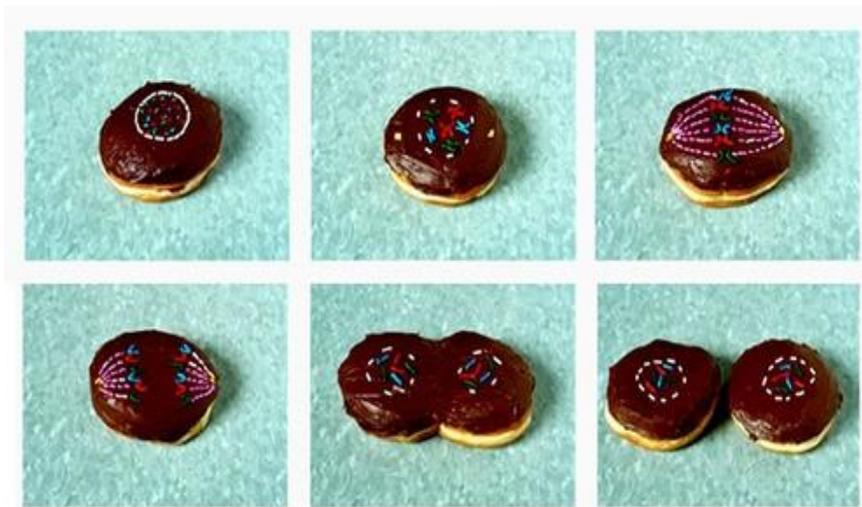
«Амитозом называется деление клетки, находящейся в состоянии интерфазы. К амитозу относят случаи немитотического деления клетки. При этом не происходит конденсации хромосом, распада ядерной оболочки и образования веретена деления, амитоз осуществляется при вытягивании ядра и его последующем делении на две части. Еще более неупорядоченное дробление ядра на два или более неидентичных комка получило название фрагментации, оно, безусловно, носит патологический характер. Однако между амитозом и фрагментацией резкой и принципиальной границы провести нельзя».

Задание 3. Объясните две схемы митоза, какой смысл заложен в метафоричном рисунке. Приведите свои примеры-метафоры.

Митоз в норме



Метафора-модель митоза



2.4 Деление клетки. Мейоз

«При расхождении хромосомы разбиваются в склеившихся частях и дают начало новым хромосомам, так как один отрезок принадлежит одной хромосоме, другой отрезок приклеился от другой хромосомы, так что кроме двух родов гамет, которые получаются при абсолютном сцеплении, появляется еще определенный процент двух гамет, имеющих хромосомы с признаками, принадлежавшими раньше одной хромосоме».

Т. Х. Морган

Мейоз – это форма ядерного деления, сопровождающаяся уменьшением числа хромосом с диплоидного до гаплоидного и изменением генетического материала. Результат мейоза – образование клеток с гаплоидным набором хромосом – половых клеток.

Биологическое значение мейоза:

1. Благодаря редукции числа хромосом в результате мейоза в ряду поколений при половом размножении обеспечивает постоянство числа хромосом.

2. Независимое распределение хромосом обеспечивает рекомбинацию генов, относящихся к одной группе сцепления (находящихся в одной хромосоме).

3. Кроссинговер в профазе I мейоза обеспечивает рекомбинацию генов, относящихся к одной группе сцепления (находящихся в одной хромосоме).

4. Случайное сочетание гамет при оплодотворении вместе с вышеперечисленными процессами способствует генетической изменчивости.

5. Мейоз состоит из двух последовательных делений, первое из которых называется редукционным, а второе – эквационным.

Метафоры о мейозе
А. Лима-де-Фария

«Мейоз это танго, которое танцуют вдвоем».

«Два обязательных события в мейозе – спаривание и последующая рекомбинация хромосом.

Отцовская и материнская хромосомы сближаются и образуют связанную пару. Во время этих событий они обмениваются сегментами ДНК (это и есть рекомбинация). В результате потомки получают новые комбинации генов.

Иными словами, изменения последовательности ДНК в составе хромосомы – нормальный, более того, обязательный процесс».

И. Н. Голубовская

«Мейоз – это сито, через которое проходит организм на свою жизнеспособность».

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите о мейозе. В чем его биологическое значение?
2. Какие метафоры применимы к этому процессу?
3. Прокомментируйте метафору Ш. Моалем: «Отбор – это «аспирин» биолога». Это прекрасное средство, объясняющее любую ситуацию, а заодно и ее противоположность».
4. Почему «хромосомы танцуют танго» в мейозе?

5. Как проходит мейоз у гаплоидов? Приведите метафоры.

Задание. Сопоставьте определения метафоры поведения хромосом в мейозе с визуальными образами.

Объясните смысл метафор-определений:

1. Стадия профазы I, состояние тонких нитей
2. Стадия профазы I, состояние тонких нитей
3. Стадия букета хромосом.
4. Биваленты, как бублики
5. Биваленты-бублики
6. Биваленты-палочки
7. Одиночные хромосомы в мейозе
8. Отстающие хромосомы
9. Хромосомы-партнеры
10. Слипание хромосом.

2.5 Микроспорогенез

Микроспорогенез – это процесс образования микроспор в микроспорангиях (пыльниках) покрытосеменных (рисунок 4). В субэпидермальном слое молодого пыльника, называемом археспорием, образуется большое число *диплоидных* материнских клеток пыльцы (микроспороцитов). В них протекают два деления мейоза (редукционное и эквационное). Это ведет к образованию в каждом случае четырех микроспор (тетрады), из которых формируются, в свою очередь, четыре *гаплоидных* пыльцевых зерна. Мейоз обеспечивает переход от диплоидного состояния клеток к гаплоидному. Тетрады микроспор в дальнейшем развиваются в мужские гаметы см.рисунок 4.

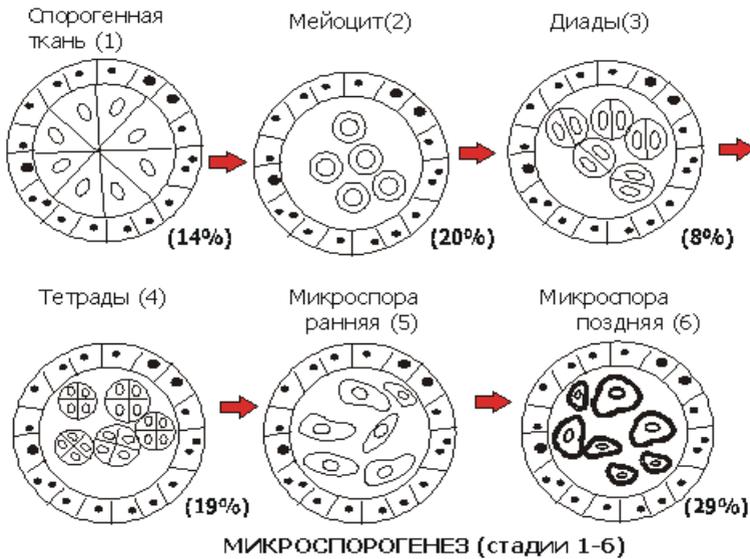


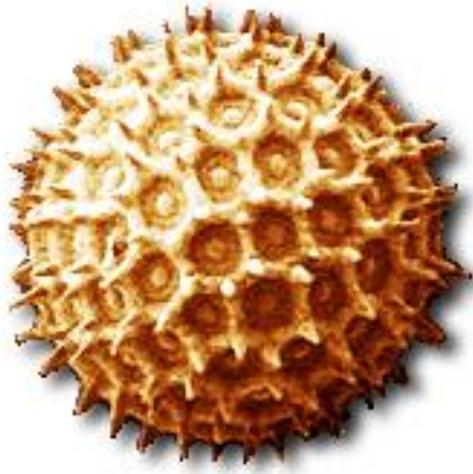
Рисунок 4 – Схема микроспорогенеза

Обычно пыльца состоит из отдельных пылинки. Изящная метафора качества пыльцы и ее роли в оплодотворении представлены Р. Л. Берг «Пыльца – драгоценный продукт: в каждой пылинке, в каждом пыльцевом зерне заключено хранилище наследственной информации – генеративное ядро. Платить частью пыльцы за перенос ее с цветка на цветок слишком дорогое удовольствие. Растение норовит обмануть почтальона – заплатить за денежный перевод не деньгами, а чем ни будь вроде борзых щенков. Насекомому взамен пыльце предлагают нектар. Дальнейшая цель – экономия пыльцы»

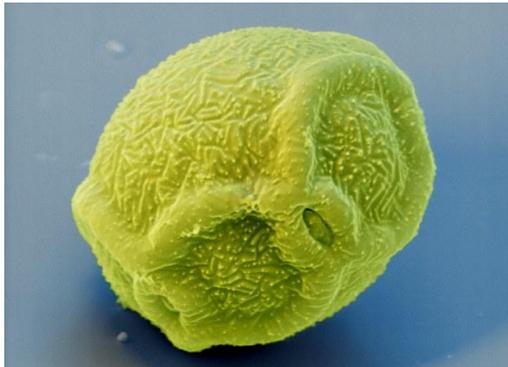
Контрольные вопросы и задания

1. Что такое полет пыльцы? Какая метафора используется в этом контексте?
2. Что такое генная пушка?
3. Какую смысловую нагрузку несет метафора «живая пыльца»?
4. Объясните термин-метафору «пыльцевой дождь».

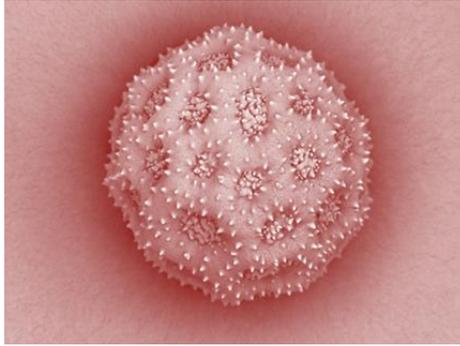
Задание 1. Объясните метафоричное определение «рисунки пыльцевого зерна». Приведите краткое описание рисунка.



a



б



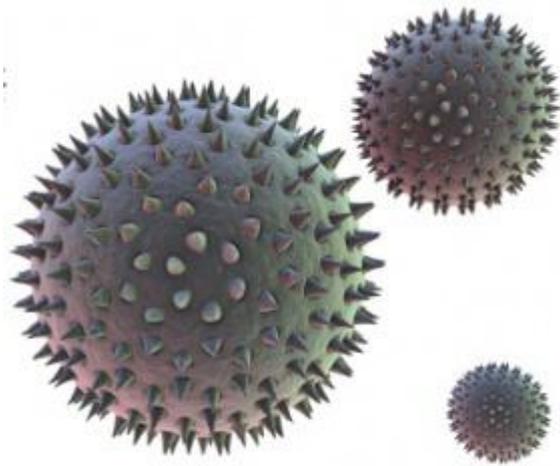
В



Г



д



е

2.6 Полиплоидия

Полиплоидия – это геномная мутация, заключающаяся в увеличении числа хромосом, кратного гаплоидному набору. Полиплоиды – это эуплоиды, у которых соматические клетки имеют множественный набор основных хромосом, больший, чем диплоидное число.

Полиплоидные растения могут возникать за счет удвоения генома одного вида – автополиплоид или автополиплоидия (*auto* – одинаковый) или за счет комбинирования геномов двух или более неродственных видов, аллополиплоид или аллополиплоидия (*allo* – различный).

Если аллополиплоид произошел от комбинирования хромосом двух различных диплоидных видов, он называется аллотетраплоид или **амфидиплоид**.

Полиплоидные формы отличаются от своих диплоидных прародителей большей относительной мощностью: имеют более крупные листья, цветки, семена, более мощные и грубые стебли. Полиплоидные клетки и их ядра также крупнее.

Если в результате геномной мутации все клетки зародыша оказываются полиплоидными, то из него развивается целый полиплоидный организм, а если только часть клеток организма является полиплоидной, то такой организм называется **химерным**.

Полиплоиды в большинстве случаев имеют большую силу роста и урожайность. Полиплоиды с нечетным числом хромосом – триплоиды или пентаплоиды – в большинстве случаев бесплодны и могут быть использованы в дальнейшем для улучшения культуры по числу хромосом. Ряд агрокультур произошли как естественные полиплоиды. Примерно 70 % диких видов семейства злаковых и 23 % бобовых – полиплоиды. Большинство естественных полиплоидов являются аллополиплоидами.

У некоторых видов высших растений гаплоидное и диплоидное число хромосом возрастает в арифметической прогрессии. Геном – это основной моноплоидный набор хромосом вида (или группы родственных видов), он содержит только один вид каждой хромосомы. Моноплоидное или основное число хромосом вида обозначается символом x . Гаплоидное или гаметное число хромосом вида обозначается символом n , а диплоидное или соматическое число хромосом – $2n$. Для описания хромосомных чисел вида используют следующие термины:

моноплоид (основное число хромосом)

гаплоид (гаметное число хромосом)

диплоидное (соматическое) число хромосом.

например, у кукурузы, основное и гаплоидное число – 10,

диплоидное и соматическое число – 20.

гаплоидное число записывается: $n = x = 10$,

диплоидное или соматическое число: $2n = 2x = 20$.

у мягкой пшеницы основное число 7,

гаплоидное число – 21,

соматическое – 42,

Все записывается следующим образом: $2n = 6x = 42$

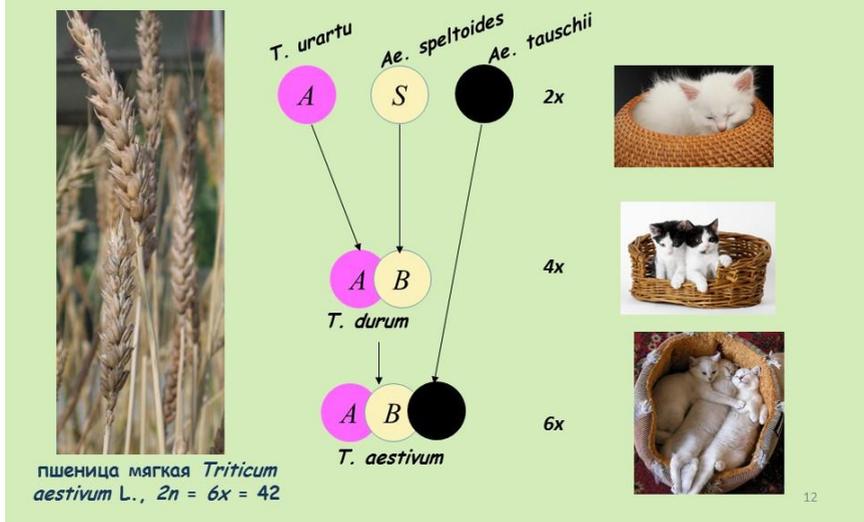
Полиплоидия является геномной мутацией.

Мутации являются изначальным источником всей генетической изменчивости. Эволюция вида должна постоянно подпитываться «новыми генами, обусловленными мутациями, иначе она «прекратится». Стеббинс (Stebbins, 1965) образно сравнил мутации с бензином, рекомбинации – с мотором, необходимым для движения автомобиля, а отбор – с водителем

Контрольные вопросы и задания

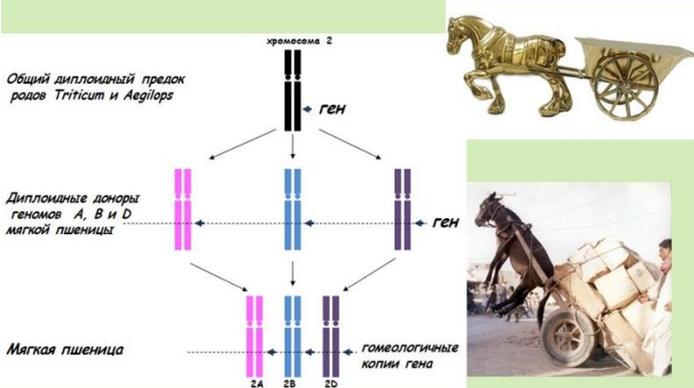
1. Дайте определение полиплоидии.
2. Какие метафоры можно привести с полиплоидией?
3. Укажите виды полиплоидов и их различия.
4. Прокомментируйте визуальную метафору Е. К. Хлесткиной представленной в докладе «Особенности структурно-функциональной организации генов растений в аллополиплоидном геноме», Москва, 2011.

Как в одном ядре «уживаются» несколько геномов от разных видов/родов?



5. Какая визуальная метафора приведена в слайде? Прокомментируйте.

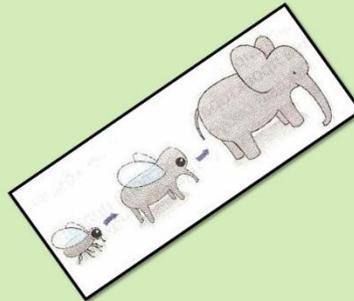
Возрастание дозы гена при полиплоидизации



Полиплоидизация

Необходимость адаптации
разных геномов в одном ядре

Новые возможности!



15

7. Прокомментируйте визуальную метафору Е. К. Хлесткиной, представленную в докладе «Особенности структурно-функциональной организации генов растений в аллополиплоидном геноме», Москва, 2011.

2.7 Двойное оплодотворение

После завершения процесса микрогаметогенеза трехъядерная пыльца попадает на рыльце пестика, вегетативная клетка прорастает в пыльцевую трубку, что создает возможность проникновения двух спермиев в зародышевый мешок и тем самым обеспечивает процесс двойного оплодотворения.

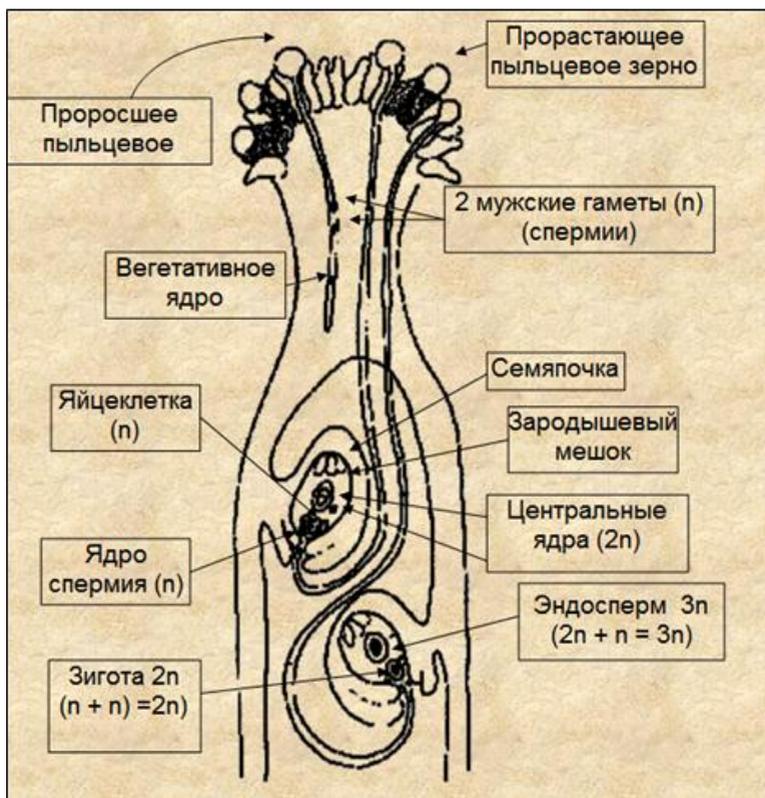


Рисунок 5 – Схема проникновения пыльцевой трубки в зародышевый мешок в процессе двойного оплодотворения

Двойным оплодотворением называют слияние одного спермия с яйцеклеткой, а другого – с ядром центральной клетки (рисунки 5, 6). Слияние ядра спермия с ядром яйцеклетки является собственно оплодотворением у растений. В оплодотворенной яйцеклетке – зиготе – восстанавливается диплоидное число хромосом. Из зиготы развивается зародыш семени. После оплодотворения завязь разрастается в плод, из семяпочки формируется семя, а из интегумента – кожура семени.

У покрытосеменных растений, кроме зародыша, в семени развивается дополнительный эмбриональный орган – эндосперм, который представляет собой питательное депо зародыша. Начало развития эндосперма обеспечивается двойным оплодотворением. Второй спермий яйцевой трубки, попадая в зародышевый мешок, сливается с диплоидным ядром центральной клетки зародышевого мешка, при этом образуется клетка с тройным набором хромосом: два одинаковых набора хромосом материнского организма и один набор отцовского.

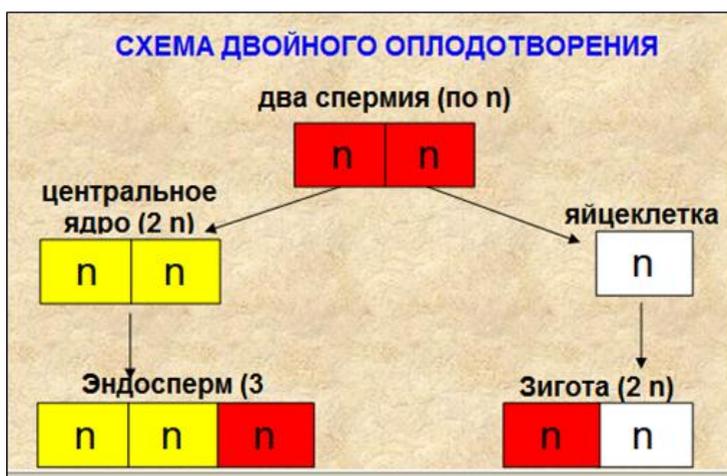


Рисунок 6 – Схема двойного оплодотворения

Иногда для представления биологических явлений и процессов используют метафоричные модели.

На сегодняшний день в биологии возможность объяснить сложные процессы, провести аналогии, увидеть ассоциативные связи – неотъемлемая часть научного метода. Так, по мнению известного физика В. В. Налимова, «Быть научным – значит быть метафоричным, способным создавать плодотворные метафоры, возбуждающие воображение и тем самым расширяющие наше взаимодействие с миром. С развитием науки увеличивается степень метафоричности ее гипотез».

Нами была предпринята попытка метафорично объяснить процесс двойного оплодотворения с помощью демонстрационного средства.

Способ и демонстрационное средство обучения и усвоения учебного материала по цитологии, заключающийся в обучении учебной дисциплине обучающихся с помощью демонстрационных средств обучения, отличающийся тем, что обучающий представляет обучаемому процесс двойного оплодотворения у высших растений при помощи двух модулей: объемного визуального – наглядной модели, и плоского – на бумажном носителе, при этом преподаватель предлагает обучаемому самостоятельно создать объемную наглядную модель, для чего свернуть лист бумаги формата А4 в многослойную трубку, имитирующую трубку пыльцевого зерна; затем присоединить к трубке прозрачную емкость, имитирующей завязь цветка; после чего внутрь емкости поместить модели растительных клеток, представляющие собой комплект кубиков разного цвета, имеющих пазы и выступы для фиксации, причем два из них одного цвета соединены между собой и имитируют центральное ядро, а третий кубик другого цвета находится отдельно, имитируя яйцеклетку; далее поместить в трубку два отдельных кубика одного цвета, имитирующих два спермия, отличающиеся по цвету от кубиков, имитирующих центральное ядро и яйцеклетку, и отследить их перемещение внутрь емкости, после чего смоделировать процесс

двойного оплодотворения, а именно соединить кубики, имитирующие центральное ядро, и один из поступивших в емкость из трубки кубик, имитирующий один спермий, получая при этом имитацию триплоидного эндосперма, а второй кубик, имитирующий второй спермий, соединить с кубиком, имитирующим яйцеклетку, получая при этом имитацию диплоидного зародыша; после чего обучаемый заносит названия изучаемых понятий и ход процесса двойного оплодотворения на бумажный носитель и самостоятельно визуально конструирует процесс двойного оплодотворения у высших растений для усвоения учебного материала, при этом обучающий координирует действия обучаемых и управляет процессом получения информации.

Демонстрационное средство обучения и усвоения учебного материала, содержащее объемную наглядную модель, представляющую собой многослойную трубку 1 из листа бумаги формата А₄, имитирующую трубку пыльцевого зерна, к которому присоединена прозрачная емкость 2, имитирующая завязь цветка; внутри емкости размещены модели растительных клеток, представляющие собой комплект кубиков разного цвета, имеющих пазы и выступы для фиксации. Два из них одного цвета 3 соединены между собой и имитируют центральное ядро, а третий кубик другого цвета 4 находится отдельно, имитируя яйцеклетку. В трубке помещены модели растительных клеток в виде двух отдельных кубиков одного цвета 5, отличающихся по цвету от кубиков, имитирующих центральное ядро и яйцеклетку. Кубики имеют возможность перемещения внутрь емкости для создания имитации образования триплоидного эндосперма 6 и диплоидного зародыша 7 (рисунок 7).

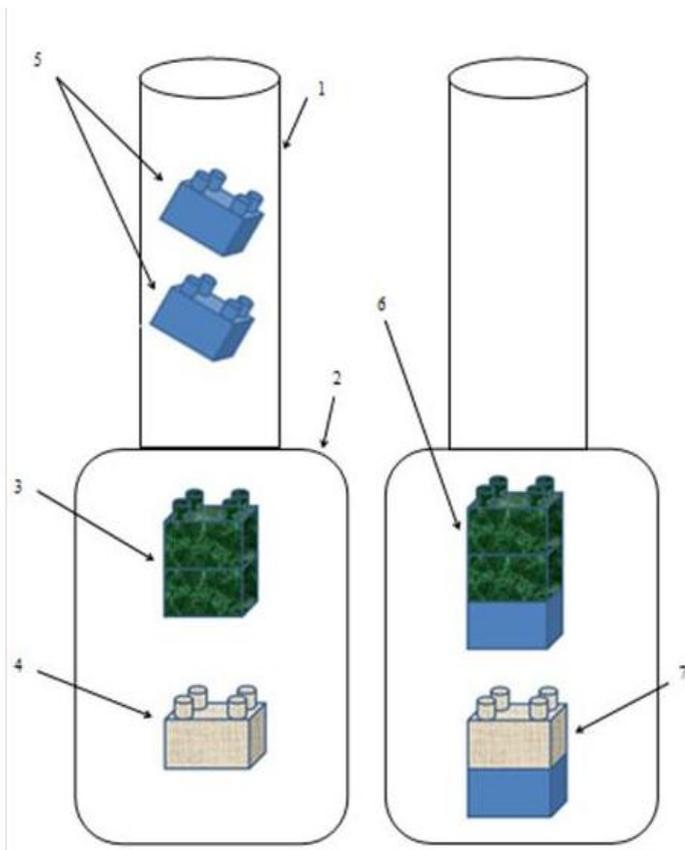


Рисунок 7 – Демонстрационное средство обучения и усвоения учебного материала по цитологии: 1 – многослойная трубка;

2 – прозрачная емкость;

3, 4, 5 – комплект кубиков разного цвета;

6 – триплоидный эндосперм;

7 – диплоидный зародыш

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое модели-метафоры?
2. Какое значение в обучении играют модели-метафоры?
3. Какое значение в научном процессе играют модели-метафоры?
4. Как можно объяснить процесс двойного оплодотворения у растений с помощью модели-метафоры?
5. Приведите примеры моделей-метафор в биологии?
6. Кто был автором моделей-метафор в биологии?
7. Какие функции выполняют модели в учебном процессе?
8. Какие функции выполняют модели в научном процессе?
9. Приведите примеры информационных источников, где можно найти описание моделей в биологии.

2.8 Апоптоз

Апоптоз, или запрограммированная смерть клетки, представляет собой процесс, посредством которого внутренние или внешние факторы, активируя генетическую программу, приводят к гибели клетки и ее эффективному удалению из ткани. Апоптоз – это механизм гибели клеток, который имеет ряд биохимических и морфологических отличий от некроза. Морфологически апоптоз проявляется гибелью единичных, беспорядочно расположенных клеток, что сопровождается формированием округлых, окруженных мембраной телец («апоптотические тельца»), которые тут же фагоцитируются окружающими клетками (рисунок 8). Процесс апоптоза осуществляется в 4 этапа:

1. Формируется решение: будет клетка жить или должна погибнуть
2. Происходит гибель клетки
3. Поглощение клетки фагоцитами или другой клеткой
4. Деградация поглощенных остатков клетки.

Значение апоптоза:

I. При поддержании гомеостаза:

- регуляция числа клеток в организме (элиминация ненужных или состарившихся клеток);
- поддержание постоянства численности клеток;
- обеспечение правильного соотношения численности клеток различных типов.

II. При нормальном функционировании и формировании организма:

- Элиминация клеток во время онтогенеза нервной системы (нейроны, не образующие связей), иммунной системы (селекция Т- и В-лимфоцитов);
- Формирование флоремы, ксилемы, аэренхимы, пыльцевой трубки;

- Элиминация клеток при опадании листьев и плодов; клеток корневого чехлика;
- III. Определение формы организма и его частей;
- IV. Является защитным механизмом:
 - элиминация клеток, больных или опасных для организма
 - элиминация клеток, подвергшихся влиянию мутагенных факторов.

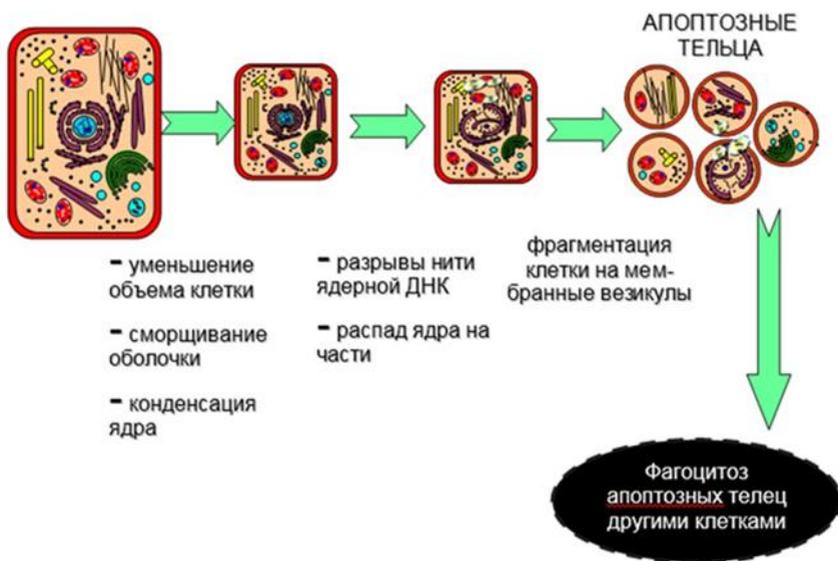


Рисунок 8 – Схема апоптоза

Поскольку путем апоптоза могут гибнуть лишь отдельные клетки и этот процесс не вызывает воспаления, то для организма он является предпочтительным. Однако протекание апоптоза связано с затратой энергии. В этой связи с повышением концентрации АТФ увеличивается число клеток, гибнущих путем апоптоза. И, наоборот, при недостатке энергии в тканях организма наблюдаются некротические процессы.

На рисунке представлен ядерный апоптоз. Изображено, что Танатос (бог смерти) прокалывает митохондрии. Также на картине показаны дочери Ориона, убив себя в самопожертвовании для блага города, чтобы остановить чуму по совету оракула. Боги превращают их в кометы, в качестве награды. На правой, митотический апоптоза. Отец Джейсона (Ясона и Аргонавтов) вынуждены совершить самоубийства, выпив (ядовитые) бычья кровь. Видимо, бычья кровь, как аллегория, химиотерапии для раковых клеток. Обе картины также имеют клетки, которые распадаются на характерные маленькие ша-рики по краям, т. е. апоптозные тельца (рисунок 9).



Рисунок 9 – Апоптоз. Фрагменты процесса.

Картины Джулии Ньюдол

Источник: <http://www.ancientworlds.net/aw/Post/407642>

Все это позволяет расширять рамки нашего вербального восприятия. Ведь многие явления - это представление одной и той же логики, но представленные разными образами. Д. И. Менделеев говорил: «Сказать то все можно, а ты поди, продемонстрируй».

Таким образом, использование словесной и визуальной метафоры, как образного ряда, затрагивает несколько процессов: абстрагирования, классификации, идентификации и создание нового, углубленного понимания процессов, происходящих в клетке. Иногда, взгляд на рисунок вызывает научное озарение, которое произошло при взгляде на рисунок, а порой о технике его исполнения.

Ш. Моалема метафора об апоптозе

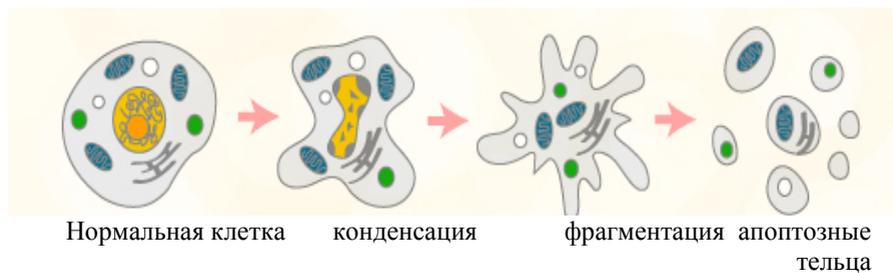
«...Они, эти рецепторы, заставляют непослушную клетку совершать клеточное сэппуку, или харакири, – запрограммированное клеточное самоубийство, называемое апоптозом.

Как самураи, потерявшие честь, клетки, проявляющие амбиции, желающие быть больше, чем просто одной из миллиардной клеточной толпы, запрограммированы по приказу закончить свою жизнь. И временами такой приказ поступает».

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое апоптоз?
2. Назовите синонимы-метафоры слову апоптоз?
3. Как можно изобразить процесс апоптоза с помощью визуальной метафоры?
4. Кто автор визуальной метафоры апоптоза?
5. Назовите синонимы клеточному суициду?

Задание. Нарисуйте схему апоптоза с использованием метафор.



2.9 Молекула ДНК и генетический код

Выяснилось также, что метафора – самая плодотворная вещь в науке.

Х. Хазагеров

Целый ряд интересных метафор связан с развитием в XX в. генетической теории. В этом контексте можно рассматривать целый блок гнезде метафор, заимствованных в основном из области лингвистики. В их числе «генетический код», под которым имеется в виду система условных сокращённых названий, применяемых для передачи и хранения информации. Производными от него являются метафоры «транскрипции» (считывания), под которой понимается переписывание наследственной информации из ДНК в РНК, а также «трансляции» (перевода), под которой имеется в виду перевод генетических сведений с языка нуклеотидов на язык аминокислот, где роль переводчика, владеющего двумя языками (нуклеотидов и аминокислот), выполняют транспортные РНК.

В числе метафор генетики можно встретить метафоры бытового, социокультурного происхождения. Так, слово «шапероны» (chaperon) в переводе с английского означало провожатых молодой девушки на балах. Употребляемое как метафора, оно вошло в состав биологической терминологии – «шаперонами» называют молекулы, которые стабилизируют и защищают молодые полипептиды, помогая им сворачиваться в трёхмерные структуры.

Длина ДНК представлена в метафоре С. Кима следующим образом: «Длина молекулы ДНК некоторых растительных клеток составляет 90 м. Если все молекулы ДНК в организме человек вытянуть в воображаемую нить, ее можно было бы протянуть от Солнца до Плутона и обратно. Наконец, нитью из всех молекул ДНК земной биосферы можно было бы

многократно оплести всю известную нам часть Вселенной. Чем больше таких метафор о свойствах ДНК попадались мне в книгах, тем яснее я понимал, что удивительное свойство расплетаться – растягиваться на невероятную длину, и не только в пространстве, но и во времени – было у молекулы ДНК всегда, с момента ее возникновения».

Метафора о модели расположения генов в хромосомах Т. Х. Моргана

«Согласно этой модели, все признаки контролируются генами, которые располагаются в определенных местах хромосом, следуя друг за другом, подобно жемчужинам в ожерелье.

Морган считал гены жемчужинами, закрепленными в хромосомном ожерелье. Мак-Клинтон утверждала, что видела, как эти «жемчужины» двигаются : прыгают от хромосомы к хромосоме и переселяются в них».

Метафора С. Кима о мутациях

«Мутации с изменением смысла (с заменой аминокислот) и с утратой смысла (с вмешательством стоп-кодонов – это, как правило, «опечатки», а мутации, связанные со сдвигом рамки считывания (искажающие смысл триплетов) – это старомодные ошибки, связанные с нарушением работы типографии. В генетике даже есть свои грамматика и синтаксис: правило для комбинирования «слов» из аминокислот и сложения белковых «предложений», которые может прочесть клетка».

Контрольные вопросы и задания

1. Какая существует метафора расположения генов в хромосоме по Т. Х. Моргану?
2. Что такое шаперон?
3. Что такое митохондриальная Ева?
4. Что такое хромосомное ожерелье?
5. Кто ввел термин «прыгающие гены»?

Задание 1. Прочитайте отрывок из книги С. Кина Синдром Паганини, глава 8, с. 189, 2015).

Выпишите термины-метафоры и дайте им определение.

«Участки ДНК, отвечающие за изготовление белка – гены – у высших животных занимают очень маленькую часть всей цепочки ДНК, не больше одного процента. Дрозофилисты Моргана предположили, что гены чуть ли не натываются друг на друга в хромосомах, будучи нанизанными на них столь же плотно, как натканы на карте Алеутские острова у берегов Аляски. В действительности же гены – это драгоценные редкие острова Микронезии, разбросанные в пространствах хромосомного Тихого океана».

Задание 2. Прочитайте отрывок из книги С. Кина Синдром Паганини, глава 15, с. 365). Найдите термины-метафоры и выпишите их.

«Честно говоря, отличить настоящую эпигенетику («мягкое наследование») от прочих взаимодействий генетических и внешних факторов довольно сложно. Ясности никак не способствует то, что эпигенетика традиционно была таким мусорным пакетом идей, куда научные работники скидывали каждую забавную наследственную черту, которую находили. Но главное то, что эпигенетика имеет действительно проклятую историю, где хватает и голода, и болезней, и суицидов. Но ни одна другая отрасль не является столь многообещающей для достижения главной цели биологии человека: перескочить от молекулярных мелочей генома человека к пониманию всех причуд и индивидуальностей полноценного человеческого существа».

3 ВИЗУАЛЬНАЯ МЕТАФОРА

Как в искусстве, так и в науке... действительно креативная метафора всякий раз представляет собой пусть маленькое, но открытие.

М. Свенсон

Искусство – это способ связи.
Образ – самый эффективный способ связи.

Клаус Олденбург

Фразы и образы, приносят удовольствие и дают смелость, жизненные силы и надежду.

Р. Л. Берг

Визуальная метафора отображает понятия такими, какими они являются. Чтобы создать метафору, нужно ответить на сравнительные вопросы «Как что?» или «Как у кого?» Определим механизм действия визуальной метафоры.

Метафора создает ассоциацию между двумя понятиями. Ассоциация включает три элемента – тему (топик), средство выражения и основание.

Смысл метафоры – присоединить характеристики хорошо известного средства выражения менее известной теме. Таким образом, использование метафоры эффективно для передачи новой информации.

Человек постигает неизвестное с помощью метафор, поскольку они способны проникать в суть идей, включенных в процессы понимания, которые, в свою очередь, строятся на предшествующем опыте. Это создает прием, посредством

которого полученное сообщение упрощает сложный политический феномен и позволяет реципиенту быстро улавливать смысл (Т. М. Степанова, А. В. Степанов, 2013; В. А. Храмова, 2015).

В визуальной метафоре характеристики средства выражения переносятся на тему посредством визуального образа без выражения риторической связи. В истории философии и риторики метафора традиционно рассматривалась как часть бытия, которая выполняет ряд значительных функций (эстетическую, аксиологическую, номинативную), в то время как ее роль в познании оценивалась резко отрицательно (Г. Ф. Ульянова, 2011, О. Н. Ткаченко, 2014). Вместе с тем постепенно осуществлялось движение к все более глубокому осмыслению природы метафоры. В современной философии метафора понимается уже как форма мышления и трактуется как взаимодействие идей, но, по нашему мнению. Метафора имеет еще более глубокое основание, принадлежащее сфере бессознательного.

По существу, визуальная метафора – это свёрнутое сравнение, которое всегда можно «развернуть» в настоящий сравнительный оборот. Метафора бывает как одиночной, так и развёрнутой, сложной. Это цельный художественный образ.

В метафоре всегда проявляется совмещение и взаимодействие различных обозначаемых предметов, поэтому она многопланова.

Выразительная сила метафоры:

- подчеркивает самый существенный признак;
- создает индивидуальный образ;
- производит эмоциональный эффект;
- требует духовного усилия, воображения, работы ума.

Визуальная метафора играет еще одну важную роль – формирует метафорическое мышление, особый стиль, и логику мышления, когда мысль движется от метафоры к

метафоре, когда с каждой рожденной метафорой формируются новые метафорические установки.

В качестве примера визуальной метафоры выступают несколько рисунков разных периодов развития науки (рисунок 10). Это очень необычное дерево, ведь на нем растет живой ягненок. Он пасется, постоянно ожидая нападения волков. Охотники могли убить барашка, только если бы прострелили тонкий соединительный стебель.

Баранец (он же боранец, борамец, татарский овен, агнец скифский) – мифическое растение, растущее в Азии. Считалось, что внешний вид баранца напоминает овцу соединенную пуповиной-стеблем с растением, которая питалась растущей вокруг нее травой. Когда трава заканчивалась, и овца и растение умирали. Это существо также называют зоофит или «животнорастение».

Первые упоминания о баранце появились еще в античные времена. Его описывали такие знаменитости, как Геродота, Теофраста, Плиния Старший. Само слово «баранец» пришло из русского языка. Многие путешественники пребывая в России (центрально-азиатской части) тем или иным образом сталкивались с описанием этого чудо-растения-животного и излагали это в своих книгах.

Так Ян Стрейс, известный нидерландский путешественник, писал: «На западном берегу Волги есть большая сухая пустыня, называемая степь. В этой степи находится странного рода плод, называемый «баромец» или «баранч» (от слова «баран», что значит по-русски «ягненок»), так как по форме и внешнему виду он очень напоминает овцу и имеет голову, ноги и хвост.

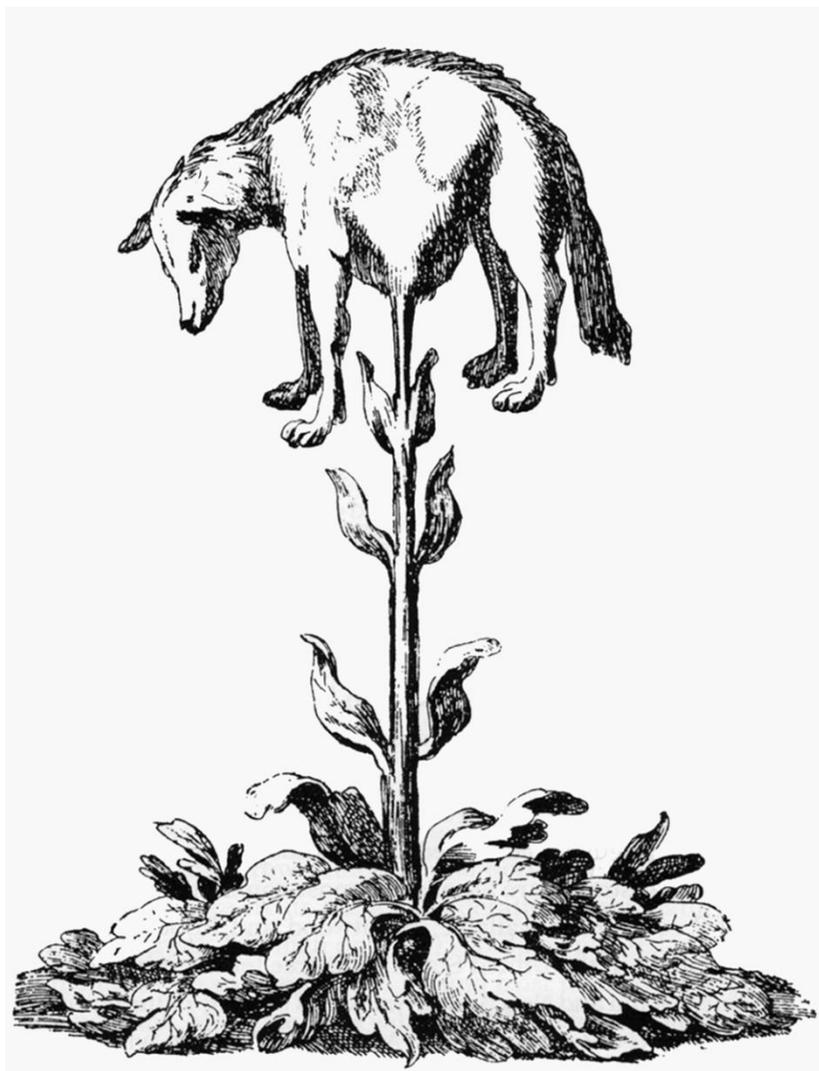


Рисунок 10 – Дерево-агнец – одновременно и животное и растение.
Гравюра XVII в.
Фото: biodiversitylibrary.org.

Его кожа покрыта пухом очень белым и нежным, как шелк. Он растет на низком стебле, около двух с половиной

футов высотой, иногда и выше... Голова его свешивается вниз так, как будто он пасется и щиплет траву; когда же трава увядает, он гибнет... Верно лишь то, что ничего с такою алчностью не жаждут волки, как это растение».

Позже упоминания о баранце можно найти и у других авторов, побывавших в Россию в разные годы – немца А. Олеария (1633 и 1635 год), француза Ж. Маржерета (1609). Правда, со временем описание баранца становились все короче и, если можно так сказать, невнятные, поскольку постепенно они утрачивали образность и точность рассказа С. Герберштейна.

Благодаря авторитетным свидетельствам баранец долгое время считался подлинным, а не легендарным растением. Его безуспешные поиски продолжались до конца XVIII в.

Возможные реальные прототипы баранца – хлопчатник или арбуз. Существует вид древовидного папоротника, именуемый *Cibotium barometz*, а также растение *Lycopodium selago* L., носящее русское название «баранец обыкновенный». Первое – *Cibotium barometz* представляет собой древовидный папоротник, ствол которого густо покрыт буроватыми или рыжеватыми волокнами, напоминающими шерсть животного.

Другим примером метафоричных рисунков являются работы Эдварда Лира к книге «Чепуховую ботанику» (1888). Вот так выглядит упомянутая в рассказе Свинообилия пирамидалис (*Piggiawiggia pyramidalis*) и Какадучник Величественный (*Cockatooca Superba*) (рисунок 11–12). Создавая химерные организмы, художник показывал метафорично возможные результаты биотехнологических работ, когда можно в одном организме сочетать свойства двух разных видов. Метафоричное представление новых растительных форм подводит читателя к глубокому осмыслению возможностей генно-инженерных работ, биологического смысла генных продуктов.

Современная наука мифологична и новое может быть высказано только метафорой, а в любой метафоре непременно присутствует нечто новое. Выражаясь словами Свенсона, метафора приглашает ученого к открытию.

Современное видение успехов генно-инженерных работ, когда в одном организме сочетаются несколько представлено на рисунках 13–15.



Рисунок 11 –Свинообилия
Пирамидалис *Piggawiggia*
Pyramidalis



Рисунок 12 – Какадучник
Величественный *Cockatooca*
Superba



Рисунок 13 – Перспективы будущего, Институт Макс-Планка, Кельн, Германия, 2007

Трансформация образа химерных организмов выразилась в метафоричных образах новых организмов, созданных с помощью генных технологий и биоинженерии.

The
Economist

How to back up
a country

Hacking your
brain

Space hoppers
in orbit

Technology Quarterly

March 7th 2015

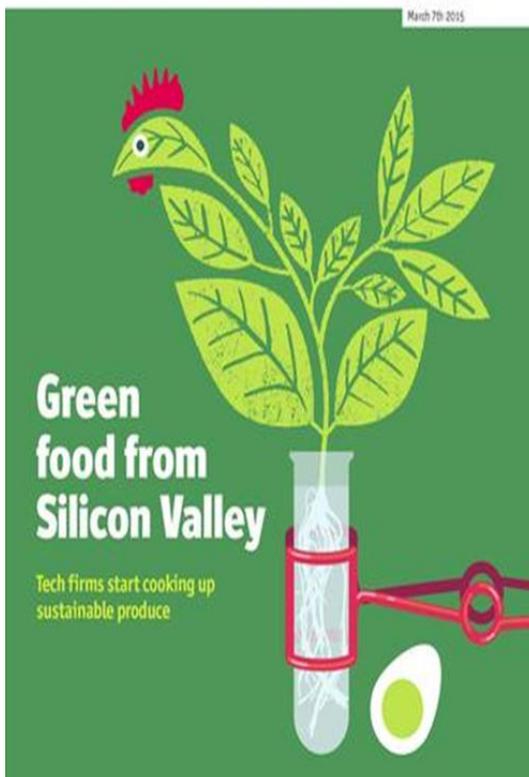


Рисунок 14 – Обложка журнала «Экономист», 2015

Согласно словарию Фасмера, коровай, происходит от «коровы» – возможно, ритуальный хлеб преподносили гостям или богам, когда не могли подать мяса (рисунок 15).

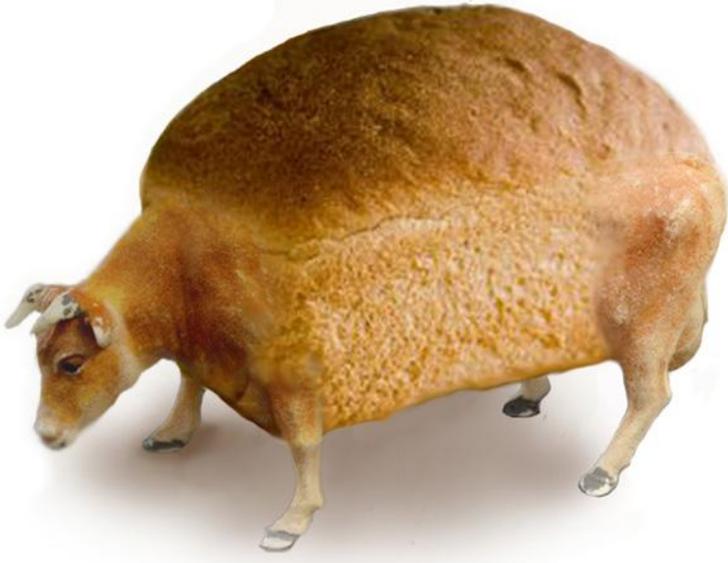


Рисунок 15 – Картинка с сайта «Take the floor back!».

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое визуальная метафора?
2. Какие области применения визуальной метафоры?
- 3 . Какие цели визуальной метафоры?
- 4 .Прокомментируйте метафоричный заголовок «Трансгенные растения – спасители планеты или бомбы замедленного действия)» (рисунок 16).



Рисунок 16 – Метафоричное представление того, как генные инженеры редактируют геном. Рисунок с сайта prepareforchange.net....

Задание 1. Объясните смысл визуальной метафоры на рисунке мыши. Проведите аналогию и сравнения.

В качестве примера выступает образ «Витрувианский человек» рисунок Леонардо да Винчи. На нем изображена фигура обнаженного мужчины в двух наложенных одна на другую позициях: с разведёнными в стороны руками и ногами, вписанная в окружность; с разведёнными руками и сведенными вместе ногами, вписанная в квадрат. Рисунок и пояснения к нему иногда называют «каноническими пропорциями». В соответствии с сопроводительными записями Леонардо, он был создан для определения пропорций (мужского) человеческого тела, как это описано в трактате ан-

тичного римского архитектора Витрувия (Vitruvius) «Об архитектуре» (Книга III, глава I): длина от кончика самого длинного до самого низкого основания из четырех пальцев равна ладони; ступня составляет четыре ладони, локоть составляет шесть ладоней; высота человека составляет четыре локтя от кончиков пальцев (и соответственно 24 ладони); шаг равняется четырем ладоням; размах человеческих рук равен его росту и т. п.

Объект на который спроецированы пропорции человека является мышь обыкновенная. Объясняется это тем, что львиная доля научных исследований ориентирована на обеспечение здоровой и продолжительной жизни людей. Среди всего многообразия экспериментальных объектов именно мыши попадают в точку оптимума при учете двух факторов – генетической близости к человеку и доступности для исследований. Бактерии, дрозофилы и другие беспозвоночные, вне всякого сомнения, более удобны для содержания в лабораторных условиях, но по многим характеристикам, в том числе генетическим, слишком далеки от человека (рисунок 17).

Задание 2. Объясните смысл визуальной метафоры на рисунке 18. Проведите аналогию и сравнения.

«Хромосомы также заточены в клетке, как рыбы в аквариуме». А. Лима-де-Фария, 2012 г.

Задание 3. Объясните смысл визуальной метафоры на рисунке 19. Проведите аналогию и сравнения.

«Мутации это бензин, рекомбинации – мотором, необходимым для движения автомобиля, а отбор – водитель».

А. Стеббинс

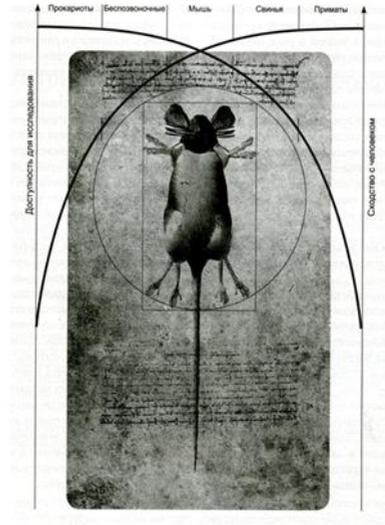
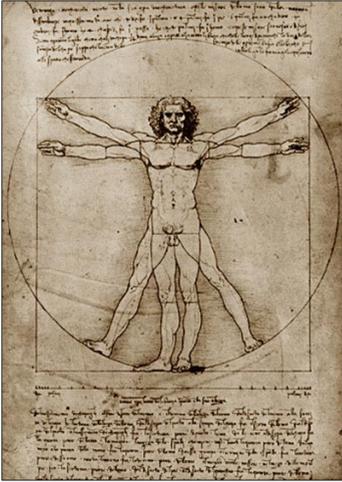


Рисунок 17 – «Витрувианский человек». Симметрия человеческого тела, рисунок Леонардо да Винчи (слева); мышь как оптимальный модельный объект в координатах «Доступность – адекватность» (справа), рисунок по М. П. Мошкину, 2008

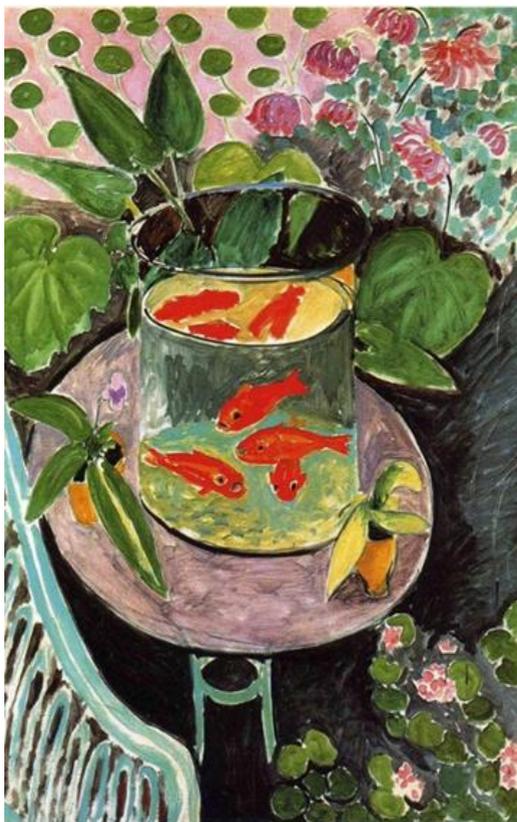


Рисунок 18 – Красные рыбки,
Анри Матисс, 1911 г.



Рисунок 19 – Тамара де Лемпицка.
Автопортрет в зеленом Бугатти,
1925 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии представлены различные технологии образовательного процесса: словесные и визуальные метафоры, рассмотрены их функции, приведены многочисленные примеры их использования. Многообразие подходов к учебному процессу показывает, что это творческий процесс, требующий от преподавателя умения мыслить и творчески подходить к процессу передачи знаний.

Научная метафора выступает частью языка науки. Как и теория, метафора не описывает реальность во всех ее аспектах, тем не менее особым образом приближает нас к постижению окружающего мира. Через метафоры показано, как меняется научный язык, как можно сложные вещи представить легко, просто и доходчиво, путем образных сравнений. «Наука становится сложной», как сказал А. Е. Седов и метафора является инструментом преодоления этой сложности. Чтобы составить метафору необходимо четко представлять происходящие процессы в клетке и в хромосомах. Через понимание и рождается метафора.

Желаем будущим молодым ученым, педагогам собирать научные метафоры, использовать их в своей речи и пытаться создавать свои, а также собирать визуальные образы по различным темам учебных курсов и блокам научных исследований.

Удачи в этом интересном и увлекательном пути!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берг Р. Л. Почему курица не ревнует / Р. Л. Берг. – СПб.: Алетейя. – 2013. – 296 с.
2. Ваткова О. А. Анализ подходов к проблеме развития визуального мышления / О. А. Ваткова // *Аргіогі.* – 2015. – № 3. – С. 1–12.
3. Голубовский М. Д. Век генетики: эволюция идей и понятий / М. Д. Голубовский. – СПб. : Борей Арт, 2000. – 262 с.
4. Гончаров С. З. Значение воображения в формировании понятий у студентов / С. З. Гончаров // *Научный диалог.* – 2015. – № 4 (40). – С. 44–75.
5. Де Дюв К. Путешествие в мир живой клетки / К. Де Дюв. – М. : Мир. – 1987. – 262 с.
6. Инге-Вечтомов С. Г. Ретроспектива генетики: курс лекций / С. Г. Инге-Вечтомов. – СПб. : Изд-во Наука, 2015. – 336 с.
7. Кузьмина М. А. Метафора как элемент методологии современного научного познания / М. А. Кузьмина // *Социологические исследования.* – 2006. – №. 2. – С. 42–51.
8. Переверзева Н. А. Метафора, сравнение, синестезия как разновидность метафоры / Н. А. Переверзева // *Ученые записки Орловского государственного университета. Сер. Гуманитарные и социальные науки.* – 2011. – №. 6. – С. 240–245.
9. Жученко А. А. Роль генетической инженерии в адаптивной системе селекции растений (мифы и реалии) / А. А. Жученко // *С.-х. биология. Сер. Биология растений.* – 2003. – № 1. – С. 3–33.
10. Ким С. Синдром Паганини и другие правдивые истории о гениальности, записанные в нашем генетическом коде / С. Ким : – М. : Эксмо, 2015. – 448 с.

11. Клещенко Е. Энциклопедия элементов ДНК: доступ открыт / Е. Клещенко // Химия и жизнь. – 2012. – № 10. – С. 8–12.

12. Лима-де-Фария А. Похвала «глупости» хромосомы. Исповедь непокоренной молекулы / А. Лима-де-Фария. – М. : Бином. Лаборатория знаний. – 2012. – 312 с.

13. Моалем Ш. Властелин ДНК. Как гены меняют нашу жизнь, а наша жизнь – гены / Ш. Моалем. – М. : Лаборатория знаний. – 2016. – 224 с.

14. Навашин М. С. Проблемы кариологии и цитогенетики в исследованиях на видах рода *Streps* / М. С. Навашин. – М. : Наука. – 1985. – 349 с.

15. Несса К. Мусорная ДНК. Путешествие в темную материю генома / К. Несса. – М. : Лаборатория знаний, 2016. – 245 с.

16. О главных метафорах науки / А. С. Константинов, Г. С. Тарасевич, Т. Н. Торгашев [и др.] // [Электронный ресурс] – Режим доступа: rusrep.ru/article/2012/05/10/matafora.

17. Ткаченко О. Н. Развитие визуального мышления в современной культуре / О. Н. Ткаченко // Омск. науч. вест. - 2014. – №4 (131). – С.198–200.

18. Мошкин М. П. Центры генетических ресурсов лабораторных животных в постгеномную эру / М. П. Мошкин, И. Е. Колосова // Вестник ВОГиС, 2009. Т.13. – №3. – С. 505–514.

19. Немыка А. А. Метафора как общий элемент научного и художественного текстов / А. А. Немыка, С. Ш. Схалыхова, М. А. Хачемизова // Историческая и социально-образовательная мысль. – 2016. – Т. 18(1/2). – С. 198–204.

20. Панчин А. Сумма биотехнологий. Руководство по борьбе с мифами о генетической модификации растений, животных и людей / А. Панчин. – М.: АСТ : CORPUS. – 2016. – 432 с.

21. Седов А. Е. Логика и история науки, запечатленная в метафорах ее языка: количественный и структурный анализ профессиональных терминов и высказываний генетики /

А. Е. Седов // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 1999. – Т.3. – № 9. – С. 122–150.

22. Седов А. Е. Метафора в генетике / А. Е. Седов // Вестник Российской академии наук.– 2000. – Т. 70. – № 6. – С. 526–534.

23. Склутт Р. Бессмертная жизнь Генриетты Лакс / Р. Склутт, М.: Карьера Пресс.– 2011. – 383 с.

24. Степанова Т. М. Иконика : Проектная концепция новой, интегральной учебной дисциплины / Т. М. Степанова, А. В. Степанов // Альманах современной науки и образования. – 2013.– № 12 (79). – С. 160–164.

25. Тимофеев-Ресовский Н. В. Краткий очерк теории эволюции / Н. В. Тимофеев-Ресовский, Н. Н. Воронцов, А. В. Яблоков. – 2-е изд. – М. : Наука, 1978. – 243 с.

26. Ульянова Г. Ф. Использование поэтических образов науки на учебном занятии / Г. Ф. Ульянова // Совет ректоров. – 2011. – № 5. – С. 82–94.

27. Храмова В. А. О визуальном мышлении / В. А. Храмова, Я. М. Земцова // Электронный образовательный журнал ВГСПУ «Грани познания». – 2015. – № 8 (42). – С. 126–129.

28. Цаценко Л. В. Интерпретация художественного произведения как технология познавательного процесса по предметной области в курсе «История и методология научной агрономии» / Л. В. Цаценко // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – № 05(109). – С. 1154–1168. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/80>.

29. Цаценко Л. В. Использование словесной и визуальной метафоры на учебных занятиях по дисциплинам «цитогенетика» и «генетический мониторинг» // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – № 04(118).–С.712–722.–Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/39>.

30. Цаценко Л. В. Использование юмористических рисунков в курсе «История и методология научной агрономии» / Л. В. Цаценко, Н. П. Лиханская, Н. А. Цаценко// Науч. журн.

КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – № 02 (106). – С. 500–511. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/31>.

31. Цаценко Л. В. Метод скетчей в археогенетике и селекции сельскохозяйственных растений / Л. В. Цаценко // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – № 02 (106). – С. 1083–1097. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/71>.

32. Цаценко Л. В. Образы декоративных тыкв в живописи как уникальный источник по истории интродукции культуры / Л. В. Цаценко // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, – 2013. – № 04 (088). – С. 706–719. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/48>

33. Цаценко Л. В. Роль научной иллюстрации в истории биологии / Л. В. Цаценко // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, – 2012. – № 10 (084). – С. 358–366. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/29>

34. Цаценко Л. В. Пыльцевой анализ в селекции растений / Л. В. Цаценко, А. С. Синельникова // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 4(077). – С. 88–98. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/09>.

35. Ядровская Е. Р. Интерпретация художественного произведения как технология общения с искусством и путь творческого развития личности / Е. Р. Ядровская // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2009. – № 113. – С. 76–82.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
1 . МЕТАФОРА: БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ, ФУНКЦИИ В СИСТЕМЕ НАУК И ОБРАЗОВАНИЯ.....	5
2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАФОРЫ ПРИ ОБУЧЕНИИ.....	10
2.1 Эукариотическая клетка.....	10
2.2 Ядро. Хромосома	16
2.3 Деление клетки. Митоз.....	40
2.4 Деление клетки. Мейоз.....	47
2.5 Микроспорогенез.....	50
2.6 Полиплоидия.....	55
2.7 Двойное оплодотворение.....	59
2.8 Апоптоз.....	65
2.9. Молекула ДНК и генетический код.....	70
3 ВИЗУАЛЬНАЯ МЕТАФОРА.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	85
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	87

У ч е б н о е и з д а н и е

Цаценко Людмила Владимировна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАФОРЫ В НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ И УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебное пособие

В авторской редакции
Дизайн обложки – Н. П. Лиханская

Подписано в печать 22.03.2018. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 5,3. Уч.-изд. л. – 4,2.

Тираж 75 экз. Заказ № 181

Типография Кубанского государственного
аграрного университета.

350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13