

ВВЕДЕНИЕ В БИОЛОГИЮ ЧАСТЬ I

Рубцов Николай Борисович

д.б.н., профессор

Зав. кафедрой цитологии и генетики НГУ

Зам. директора по науке ФИЦ Институт цитологии и
генетики СО РАН

Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures

Allen P. Nutman^{1,2}, Vickie C. Bennett³, Clark R. L. Friend⁴, Martin J. Van Kranendonk^{2,5,6} & Allan R. Chivas¹

Biological activity is a major factor in Earth's chemical cycles, including facilitating CO₂ sequestration and providing climate feedbacks. Thus a key question in Earth's evolution is when did life arise and impact hydrosphere-atmosphere-lithosphere chemical cycles? Until now, evidence for the oldest life on Earth focused on debated stable isotopic signatures of 3,800–3,700 million year (Myr)-old metamorphosed sedimentary rocks and minerals^{1,2} from the Isua supracrustal belt (ISB), southwest Greenland³. Here we report evidence for ancient life from a newly exposed outcrop of 3,700-Myr-old metacarbonate rocks in the ISB that contain 1–4-cm-high stromatolites—macroscopically layered structures produced by microbial communities. The ISB stromatolites grew in a shallow marine environment, as indicated by seawater-like rare-earth element plus yttrium trace element signatures of the metacarbonates, and by interlayered detrital sedimentary rocks with cross-lamination and storm-wave generated breccias. The ISB stromatolites predate by 220 Myr the previous most convincing and generally accepted multidisciplinary evidence for oldest life remains in the 3,480-Myr-old Dresser Formation of the Pilbara Craton, Australia^{4,5}. The presence of the ISB stromatolites demonstrates the establishment of shallow marine carbonate production with biotic CO₂ sequestration by 3,700 million years ago (Ma), near the start of Earth's sedimentary record. A sophistication of life by 3,700 Ma is in accord with genetic molecular clock studies placing life's origin

formation of the protolith, before superimposed metamorphism³. This is a particular problem in the search for signs of early life in carbonate rocks, owing to the propensity of carbonates to undergo ductile deformation and recrystallize as marble during metamorphism and orogeny. Consequently, the search for evidence of life in Eoarchaeon rocks has focused on chemical signatures, such as the isotopic compositions of carbon (as graphite) and iron from metasedimentary rocks, but the origin of these signatures is not unique and their significance as evidence of ancient life remains debated^{2,13,14,15}. Most isotopic searches for the oldest evidence of life have targeted the ISB of southwest Greenland, because it contains by far the largest areal extent of diverse Eoarchaeon metasedimentary rocks with rare, small areas of low deformation in which primary sedimentary structures are preserved¹⁶.

This contribution presents the discovery of ~3,700-Myr-old structures (Fig. 1) interpreted as stromatolites in an ISB outcrop of dolomitic rocks, newly exposed by melting of a perennial snow patch. The stromatolite discovery locality (Extended Data Fig. 1) is within the hinge of an anticline cored by 3,709 ± 9-Myr-old andesitic metavolcanic rocks with locally preserved pillow structures and a maximum metamorphic temperature of ~550 °C^{17,18}. The pillowed metavolcanic rocks are overlain by bedded dolomite-rich metasedimentary rocks and in turn, by interlayered quartzites and metamorphosed banded iron formation that contain rare, small, high Th/U oscillatory-zoned volcano-sedimentary zircons with ages of 3,699 ± 12 and 3,691 ± 6 Myr^{3,18}. The term

В Гренландии обнаружены древнейшие следы жизни на Земле

время публикации: 1 сентября 2016 г., 15:11 | последнее обновление: 1 сентября 2016 г., 16:07



Самое раннее свидетельство жизни на Земле (следы жизнедеятельности микробов) обнаружено в Гренландии, в горных породах, возраст которых составляет 3,7 млрд лет. Открытие совершили австралийские геологи из университета Вуллонгонга. Ранее древнейшими считались окаменелости из формации Дрессер в Австралии, их возраст 3,45 млрд лет. Статья опубликована в журнале [Nature](#). Публикация вызвала споры в научном сообществе: одни согласились

с версией о следах жизни, другие ученые раскритиковали авторов. Исследования будут продолжены.

Камни размером от одного до четырех сантиметров, которые называются строматолитами, были обнаружены в формации Исуа на юго-западе Гренландии. Исследователи отмечают, что такие же колонии цианобактерий и сейчас можно встретить в морях тропического и субтропического пояса.

Панспермия

Гипотеза была выдвинута в 1865 году Германом Эбергардом Рихтером, поддержана Г. Гельмгольцем, С. Аррениусом и У. Томсон (лорд Кельвин).

После открытия космических лучей и выяснения действия радиации на биологические объекты позиция гипотезы весьма ослабла.

Однако после того, как миссией Аполлон-12 были найдены живые земные микроорганизмы на прилунившемся зонде Сервейер-3, о ней стали говорить чаще.

Начиная с 1965 года в межзвёздном пространстве были открыты более 140 различных органических молекул. Космический аппарат «Бион» планировали запустить в 2012 году. На его борту, в рамках эксперимента «Метеорит», должны были находиться грибы и самые термоустойчивые микроорганизмы, возвращаемые после месячного полёта на Землю. Капсула с пробами, расположенная в открытом космосе, должна была подвергаться нагреву во время вхождения в земную атмосферу, симулируя падение метеорита. Основная задача Биона заключалась в подтверждении или опровержении теории панспермии.

Панспермия

1960-е. Работы, «доказывающие наличие органогенных образований в разных метеоритах».

1970-е. При проверке было установлено, что эти сложные органические (углеродистые) соединения не связаны с жизнью (равна частота правых и левых изомеров). В 1970-е годы идея панспермии не пользовалась популярностью.

2006 год. Результаты миссии Deep Impact по исследованию кометного вещества показали наличие в кометном веществе воды и простейших органических соединений. Кометы как на один из возможных переносчиков жизни во Вселенной.

Академик РАН А. Ю. Розанов, глава комиссии по астробиологии Российской академии наук, считает, что жизнь на Землю была занесена из космоса. В частности, он утверждает: «Вероятность того, что жизнь зародилась на Земле, настолько ничтожно мала, что это событие практически невероятно».

Панспермия

А.Ю. Розанов: В Гренландии были найдены бактерии возрастом 3,7 миллиарда лет, в то время как нашей планете 4,5 миллиарда лет, а за такой короткий промежуток времени жизнь не смогла бы возникнуть. При изучении метеорита Ефремовка и Мурчисонского метеорита при помощи электронного микроскопа были обнаружены ископаемые частички нитчатых микроорганизмов, напоминающих низшие грибы и сохранивших детали своего клеточного строения, а также окаменелые остатки неких бактерий. Анализировались при этом псевдоморфозы, образованные теми или иными минералами, не отличающиеся по составу от всего остального материала метеорита, а не современные или фоссилизированные остатки.

Далеко не все согласны с интерпретацией микроскопических имиджей.

Алексей Юрьевич Розанов



Академик-секретарь
Отделения биологических
наук РАН.
18 июня 1936 г.

Панспермия

2014 год. Завершение полета российского исследовательского спутника Фотон-М4. Один из экспериментов которого заключался в исследовании возможности выживания микроорганизмов на материалах, имитирующих основы метеоритов и астероидов. После приземления аппарата часть микроорганизмов выжила и продолжила размножаться в земных условиях. Из 11 термофильных и 4 спорообразующих бактерий в условиях полета в космос и возвращения на планету выжила одна линия бактерий.

2014 год. Установлена высокая устойчивость ДНК к экстремальным условиям суборбитальных полетов и перелетам в условиях космоса.

Экспериментальное доказательство того, что генетическая информация в ДНК способна сохраняться в экстремальных условиях космоса и после повторного входа в плотные слои атмосферы Земли.

Техногенная панспермия

Перенос жизни между космическими объектам в результате деятельности высокоразвитых цивилизаций

Не доказать, не опровергнуть

Многие учёные избегают темы происхождения жизни, поскольку наука исследует повторяющиеся явления, а уникальные относятся скорее к философии, религии и другим областям человеческой деятельности.

Н. В. Тимофеев-Ресовский: «Я был тогда очень маленьким, и потому ничего не помню. Спросите-ка лучше у академика Опарина...»

Жизнь на земле сегодня. Объект изучения биологии

Информация, необходимая для существования живых организмов, записана в нуклеиновых кислотах.

Машинерия для реализации этой информации представляет собой комплекс макромолекул, информация о синтезе которых записана в нуклеиновых кислотах.

Аксиомы, теоремы, гипотезы

Аксиомы биологии

Аксио́ма (др.-греч. ἀξίωμα — утверждение, положение), **постула́т** — исходное положение какой-либо области науки, принимаемое в рамках данной теории истинным без требования доказательства и используемое при доказательстве других её положений, которые, в свою очередь, называются теоремами.

Развитие науки без четко сформулированных аксиом затруднительно.
Изменение аксиом может привести к возникновению новой области науки.

Пример: геометрия Евклида и геометрия Лобачевского (Геометрия Лобачевского возникла в результате признания неверным V постулата Евклида).

Проблемы формулирования аксиом в биологии

Аристотель: Учение о некоей конечной цели – причине явления (так называемая «конечная причина»). Две тысячи лет это учение не подвергалось сомнению (до эпохи Возрождения. Френсис Бэкон писал, что с научной точки зрения «конечная причина» не нужна и вредна; прибегать к ней для объяснения какого-либо явления допустимо в метафизике, но весьма опасно в науке, так как она сразу закрывает путь для эксперимента).

Аристотель, вслед за Платоном отказался от основного принципа материалистической методологии – от практики как критерия истины.

В математике это не создало особых проблем, ее аксиомы слишком очевидны (не все).

Основные проблемы в естествознании.

Метафизика (от др.-греч. τὰ μετὰ τὰ φυσικά — «то, что после физики») — раздел философии, занимающийся исследованиями первоначальной природы реальности, мира и бытия как такового.

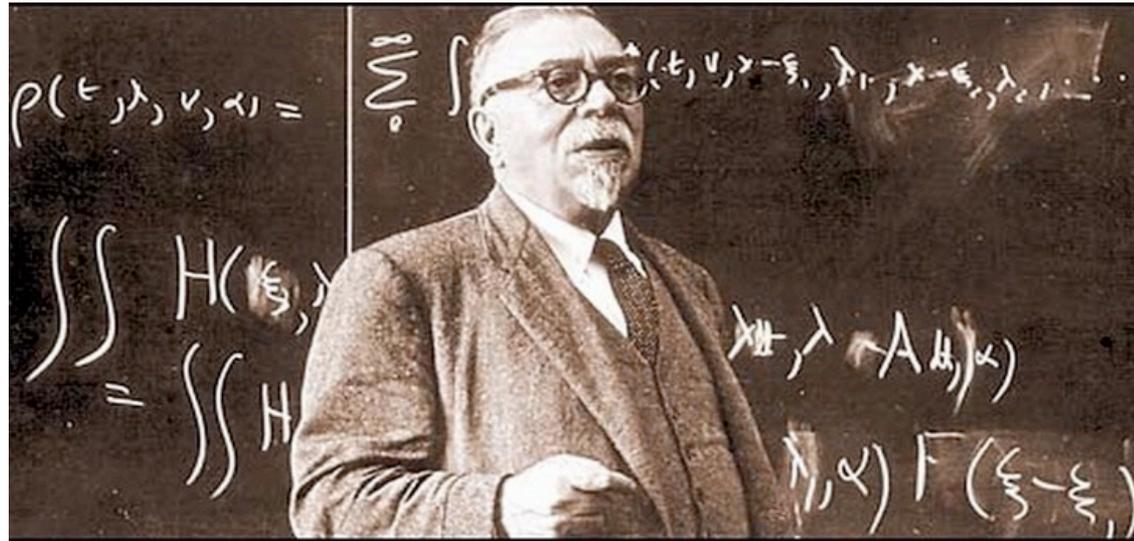
Аксиомы биологии

Основные аксиомы биологии

Аксиома 1. Все живые организмы состоят из фенотипа и программы для его построения (генотипа), передающейся по наследству из поколения в поколение. Наследуется не структура, а описание структуры и инструкция по ее изготовлению. Жизнь на основе одного только генотипа или фенотипа невозможна, т.к. при этом нельзя обеспечить ни самовоспроизведения структуры, ни ее самоподдержания (Д. Нейман, Н. Винер).



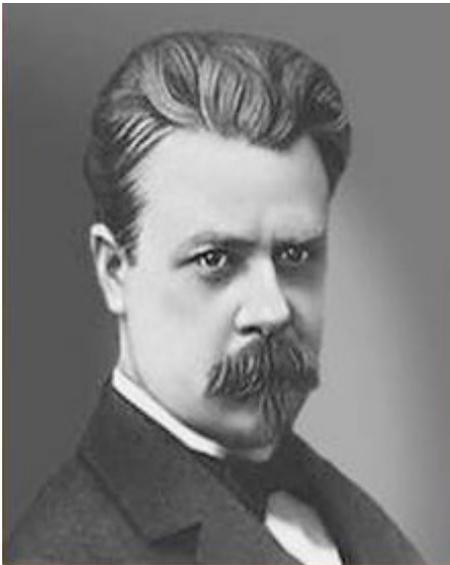
John von Neumann
1903 - 1957



Norbert Wiener
1894 - 1964

Аксиомы биологии

Аксиома 2. Генетические программы не возникают заново, а реализуются матричным способом. В качестве матрицы, на которой строится ген будущего поколения, используется ген предыдущего поколения. Жизнь - это матричное копирование с последующей самосборкой копий (Н.К. Кольцов)

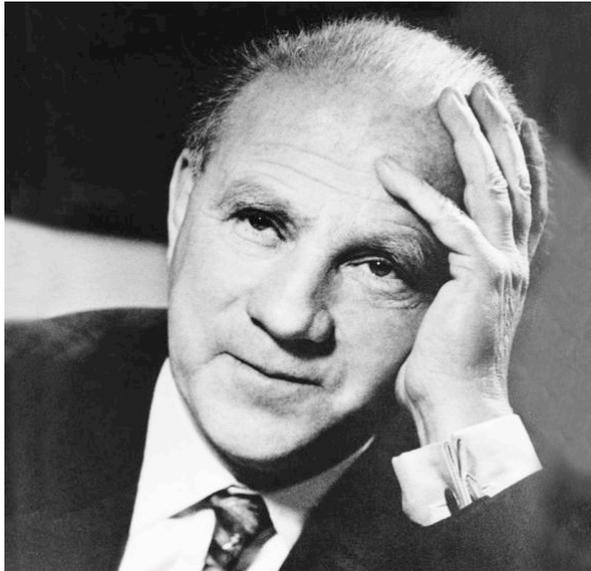


Николай Константинович Кольцов
15 июля 1872 г. - 2 декабря 1940 г.

Аксиомы биологии

Основные аксиомы биологии

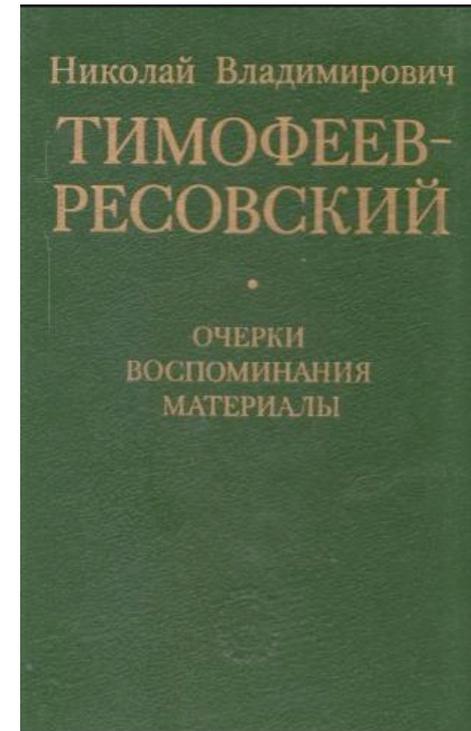
Аксиома 3. В процессе передачи из поколения в поколение генетические программы в результате многих причин изменяются случайно и ненаправленно, и лишь случайно эти изменения оказываются приспособительными. Отбор случайных изменений не только основа эволюции жизни, но и причина ее становления, потому что без мутаций отбор не действует (Эта аксиома основана на принципах статистической физики и принципе неопределенности В. Гейзенберга)



Werner Karl **Heisenberg** 1901 — 1976,
физик-теоретик, один из создателей квантовой
механики лауреат Нобелевской премии по **физике**
(1932)

Аксиомы биологии

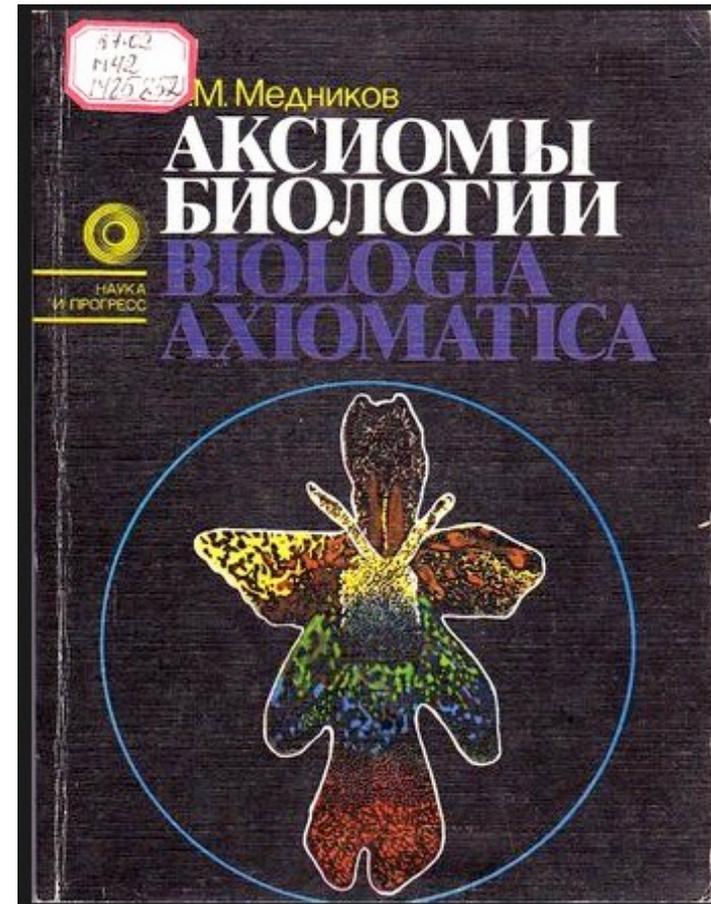
Аксиома 4. В процессе формирования фенотипа случайные изменения генетических программ многократно усиливаются, что делает возможным их селекцию со стороны факторов внешней среды. Из-за усиления в фенотипах случайных изменений эволюция живой природы принципиально непредсказуема (Н.В. Тимофеев-Ресовский)



Аксиомы биологии

Попытка осмыслить аксиомы биологии была предпринята Б.М. Медников, когда перед ним встала задача прочитать в МГУ курс «Введение в биологию»

Борис Михайлович Медников
доктор биологических наук,
популяризатор науки.
Профессор биологического факультета МГУ.
1932 г. - 2001 г.



Еще раз Первая аксиома

Все живые организмы должны быть единством фенотипа и программы для его построения (генотипа), передающегося по наследству из поколения в поколение.

(Б. Медников)

Аксиома 1. Все живые организмы состоят из фенотипа и программы для его построения (генотипа), передающейся по наследству из поколения в поколение. Наследуется не структура, а описание структуры и инструкция по ее изготовлению. Жизнь на основе одного только генотипа и фенотипа невозможна, т.к. при этом нельзя обеспечить ни самовоспроизведения структуры, ни ее самоподдержания (Д. Нейман, Н.Винер).

На пути к первой аксиоме

Самопроизвольное возникновение порядка из беспорядка, структуры из бесструктурной массы – чудо. Первая попытка решения этой проблемы – **Преформизм**.

Гиппократ предположил, что цыпленок в яйце уже содержится в готовом виде в процессе насиживания идет только рост, увеличение размеров: «Все члены отделяются друг от друга одновременно и таким же образом растут. Ни один не возникает раньше или позже другого».

Анаксагор и **Сенека**: «В семени содержатся все будущие части человека». Термин **преформизм** и теория преформации стала очень популярна в XVII и XVIII веке.

Основным вопросом того времени было: где находятся эти будущие зародыши в мужских или женских половых клетках? Мужские или женские половые клетки? (анималькулисты и овисты).

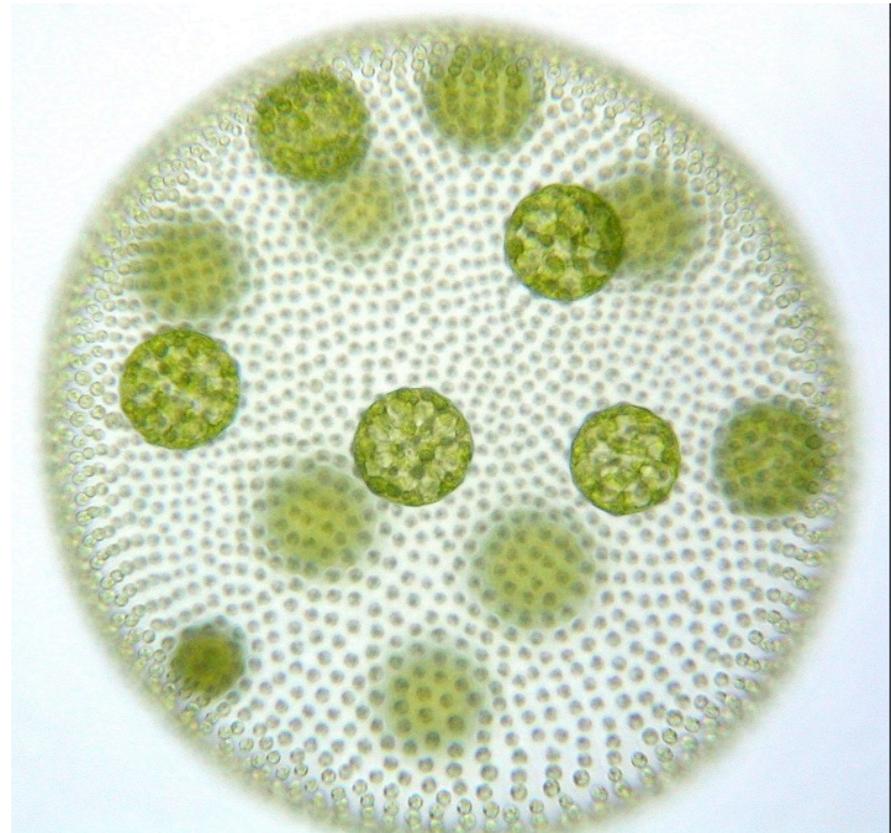
Одним из первых анималькулистов был изобретатель простого микроскопа А. Левенгук, который, увидел сперматозоиды.

Экспериментальные данные в пользу преформизма

Ян Сваммердам, (один из первых анатомов насекомых) обнаруживал в куколках «готовых» бабочек, со сложенными крыльями, но во всех деталях соответствующих взрослым.

Колониальное жгутиковое вольвокс - крупные, до двух миллиметров в диаметре слизистые шарики, состоящие из одного слоя клеток. В слизистом содержимом плавают дочерние колонии, а внутри дочерних – колонии третьего поколения.

И. Галлер подсчитал, что в яичниках библейской Евы было не менее 200 миллиардов вложенных зародышей.



Шутка от Свифта

*Натуралистами открыты
У паразитов паразиты,
И произвел переполох
Тот факт, что блохи есть у блох.
И обнаружил микроскоп,
Что на клопе бывает клоп,
Питающийся паразитом,
На нем другой, ad infinitum*

Проблема минимального размера частицы вещества.
XVII века: воскрешение идеи Демокрита об атомах (Пьер Гассенди). На
воззрения преформистов это не повлияло.

Эпигенез. Альтернатива преформизму.

Корни Эпигенеза уже в трудах Аристотеля.

Эпигенез. В яйце или спермии нет готовых структур взрослого организма, при каждом акте развития они возникают заново. Идея о конечной причине. Развитием управляет энтелехия – конечная причина или цель, иными словами, некая божественная идея о совершенном петухе и совершенной курице (Сходные идеи есть у Платона (в диалоге «Тимей»)).

И Фемистий писал: «Душа строит себе жилище и пригодное орудие». По Аристотелю, развитием куриного яйца нематериальным способом управляет будущий цыпленок.

В 1651 году к идеям Аристотеля вернулся английский физиолог, создатель первой научной теории кровообращения Уильям Гарвей (он же выдвинул принцип «все из яйца»).

Английский эмбриолог Дж. Нидхэм: Гарвей «не только не порвал с аристотелизмом, но, напротив оживил своим авторитетом эту умирающую доктрину». Это учение о возникновении порядка под действием некоей «пластической силы» получило название эпигенеза.

Возражения преформизму

1744 год. И тот же Мопертюи: диссертация-памфлет «Физическая Венера, или Физическая диссертация по поводу белого негра».

Согласно преформистам, готовый организм со всеми своими признаками должен находиться или в яйцеклетке, или же в спермии. А значит, признаки другого родителя (отца при первом допущении) и матери (при втором) не должны наследоваться. Было уже известно, что одни признаки наследуются с отцовской, другие – с материнской стороны (дети от смешанных браков европейцев и негров).

Заключение: ни в яйцеклетке, ни в спермии нет «готового» зародыша, он возникает в результате взаимодействия материнского и отцовского начал (Мопертюи писал: в результате смешения семенных жидкостей – тогда еще не было сформулировано понятие о клеточном строении материи, хотя клетка была уже известна).

Возражения преформизму

Межвидовые скрещивания. Мул, потомок осла и лошади, имеет черты и отца (голос, длинные уши, выносливость) и матери (пропорции тела, величину, силу).

Мопертюи ставил опыты по гибридизации, пытаясь понять законы наследственности (за сто лет до Менделя!).

Мопертюи применил классический метод современной генетики человека – анализ родословных. Родословная семьи Руге, в которой был весьма наглядный наследуемый признак – полидактилия (шестипалость).

Работы Мопертюи не имели сколько-нибудь существенного успеха. Преформизм продолжал торжествовать.

Разбить преформизм можно было только на его собственной территории, изучая развитие организмов. И эту задачу выполнил в 1759 году Каслар Фридрих Вольф, впоследствии ставший академиком Санкт-петербургской Академии-де-сиянс.

Конец преформизма

1759 год. Каслар Фридрих Вольф.

В деталях прослежено развитие кишечного канала и других органов куриного зародыша - детали структуры эмбрионов не вырастают из предшествовавших, а возникают заново.

«... утверждение, что части тела зародыша скрыты в силу их бесконечно малых размеров и лишь потом постепенно выступают, является басней».

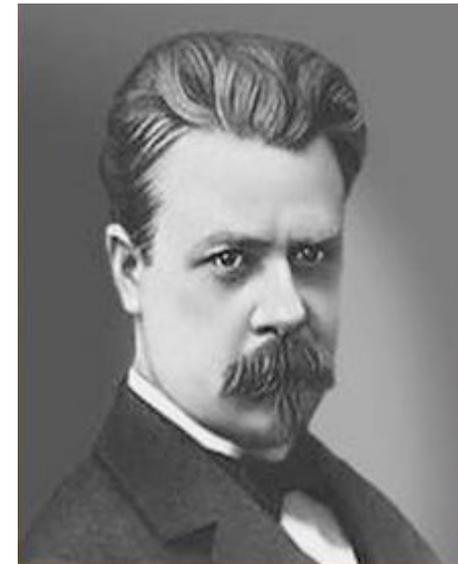
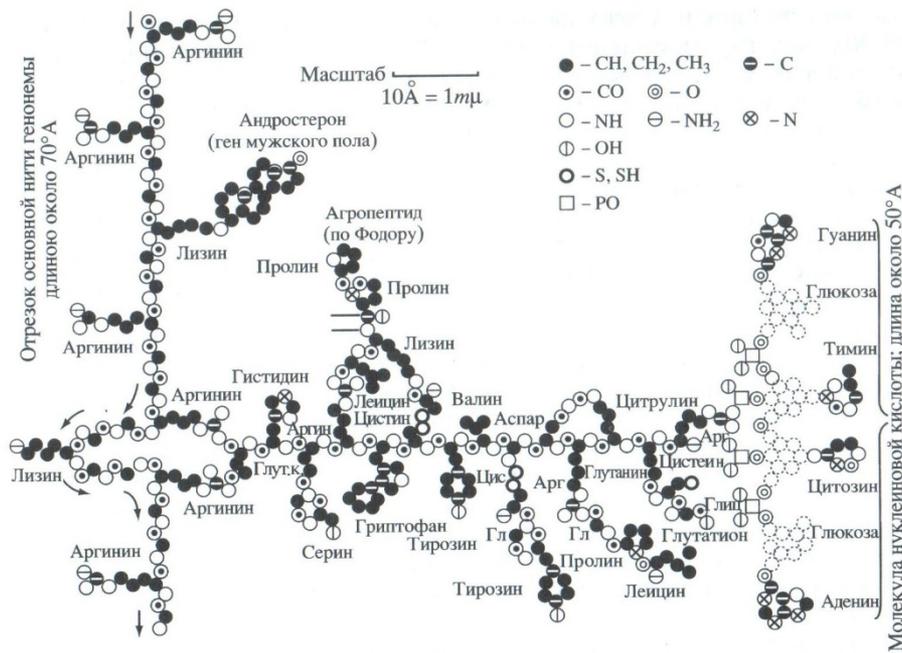
Каслар Фридрих Вольф

Встречено прохладно. Оценено лишь в конце жизни Вольфа и после его смерти (1794). Он заменял преформизм витализмом.

1861 год. Флуранс: возникновение теории преформации результат стремления к экономии чудес. Если возникновение живого существа чудо, так уж лучше, чтобы оно произошло один раз, при сотворении мира, чем осуществлялось при каждом акте развития.

Принцип воспроизведения или модификация преформизма

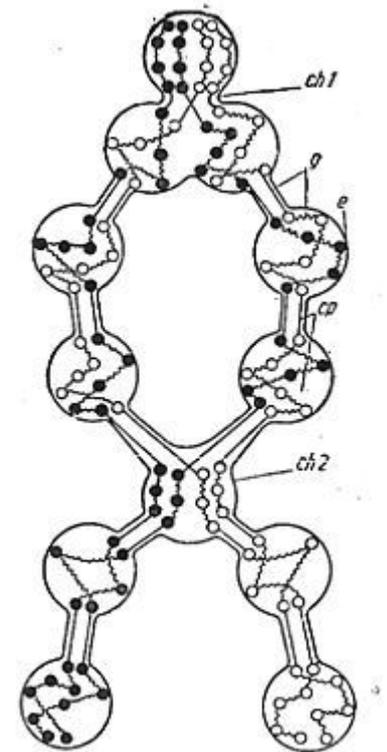
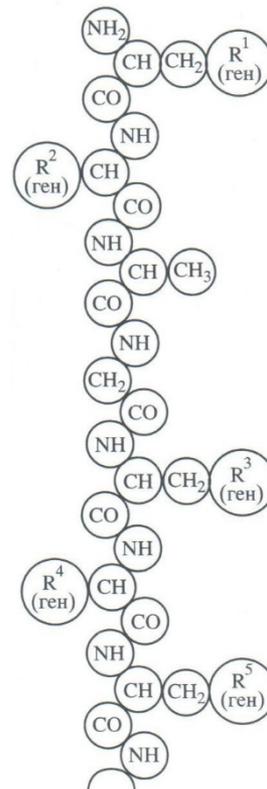
Николай Константинович Кольцов



15 июля 1872 г. - 2 декабря 1940 г.

«...хроматин ни в коем случае не может быть отнесен к генотипу хромосомы, не может быть признан составной частью генов. Это прежде всего твердая защитная корка хромосомы, обособляющая на известных стадиях геномному от кариоплазмы и закрепляющая определенную форму хромосомы, удобную для передвижений при кариокинезе»

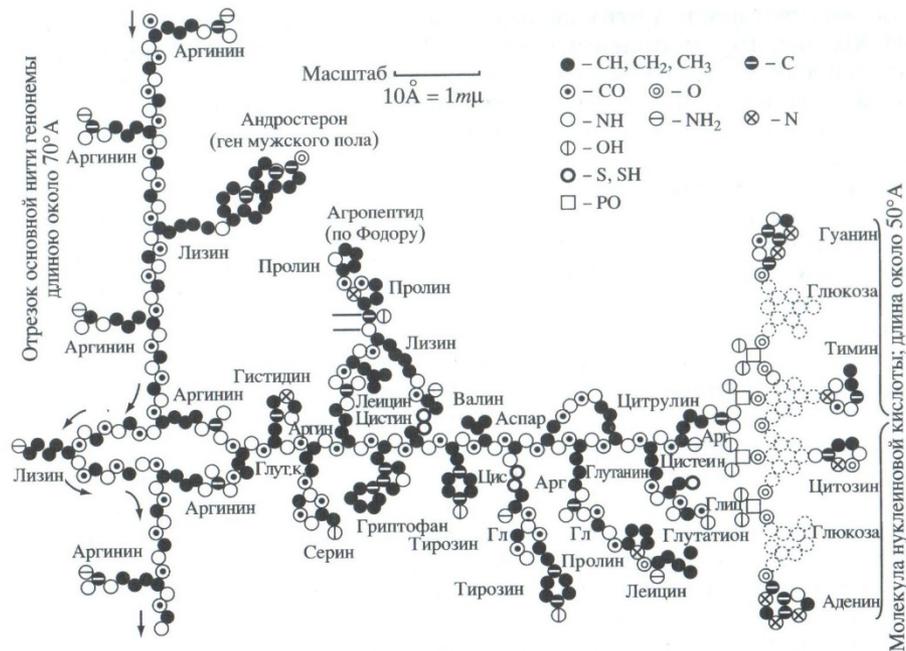
Н.К. Кольцов



«Если мы признаем, что самой существенной частью хромосомы являются длинные белковые молекулы, состоящие из нескольких десятков или сотен атомных групп радикалов, то моргановское представление о хромосоме как о линейном ряде генов получит ясную конкретную основу.

Радикалы хромосомной молекулы — гены — занимают в ней совершенно определенное место, и малейшие химические изменения в этих радикалах, например, отрыв тех или иных атомов и замена их другими <<...>> должны являться источником новых мутаций».

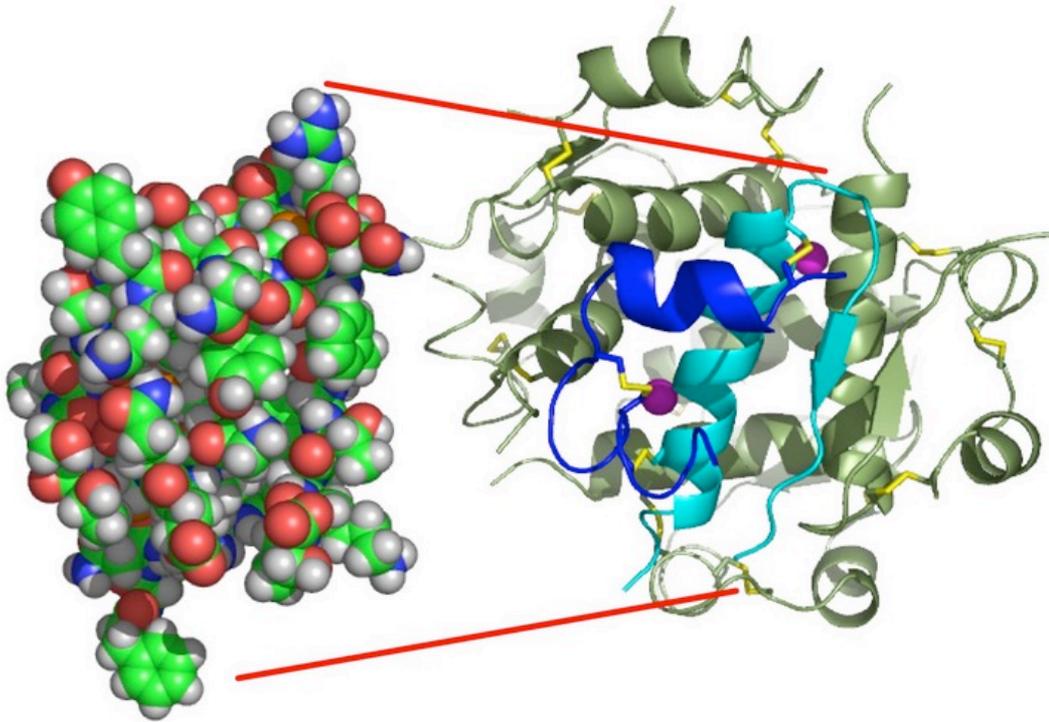
Н.К. Кольцов



«Схема структуры хромосомной молекулы. Представлен небольшой (вертикальный) отрезок геномемы и (горизонтально) два связанных с ним гена, из которых один ген мужской гормон (андростерон). К другому нижнему сложному гену прикреплена молекула тимонуклеиновой кислоты. Все размеры радикалов приведены с более или менее точным соблюдением показанного масштаба»

Н.К. Кольцов

От информации к продукту



3D модель инсулина

**Начало гена инсулина:
АААЦАЦТГЦТТГТАГАЦ**

Геном и эпигеном

Генетический код

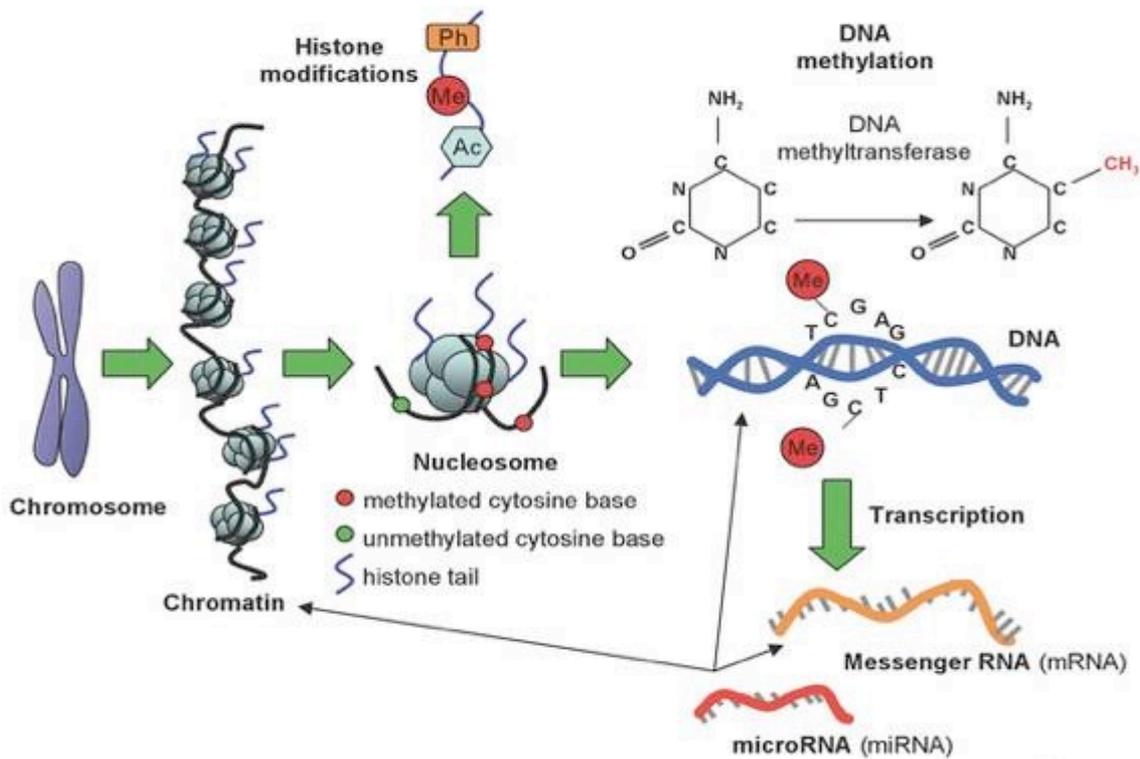
Гены – элементы инструкции по созданию элементарных компонентов организма
Эпигеном – инструкция по управлению работы генов

Потерянная наследуемость

Ген [?]→ белок [?]→ признак

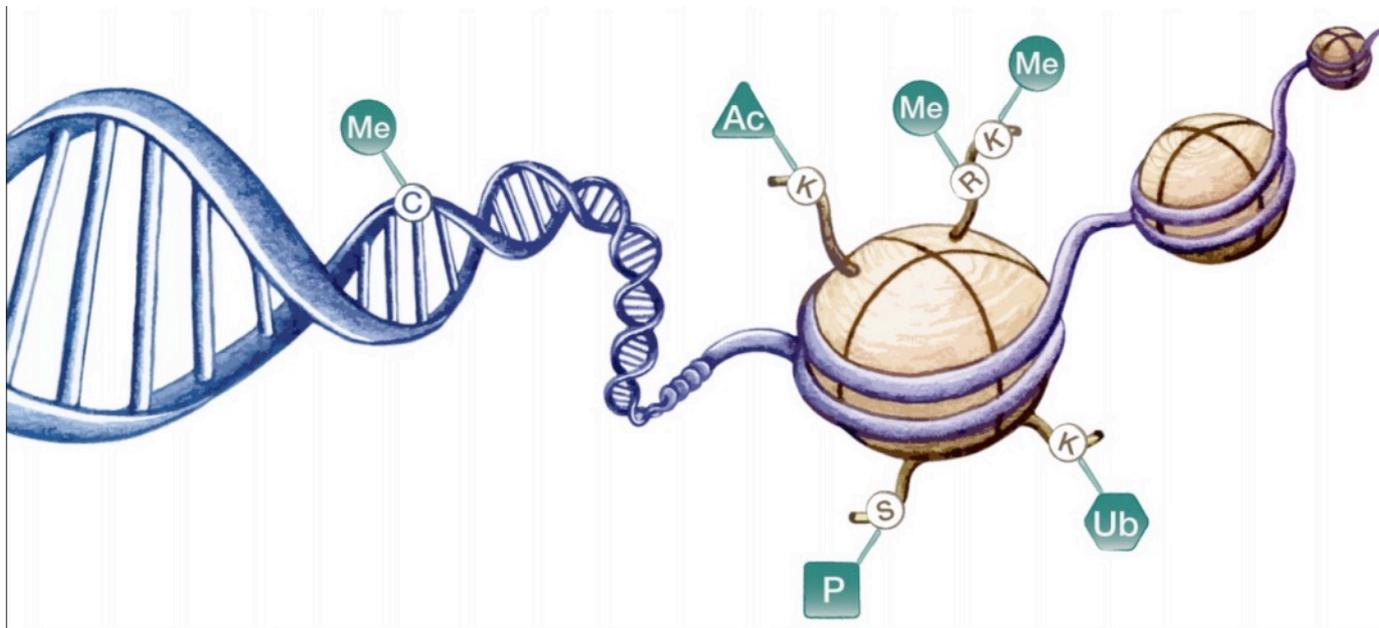
Генетика и эпигенетика

Модификация ДНК и гистонов



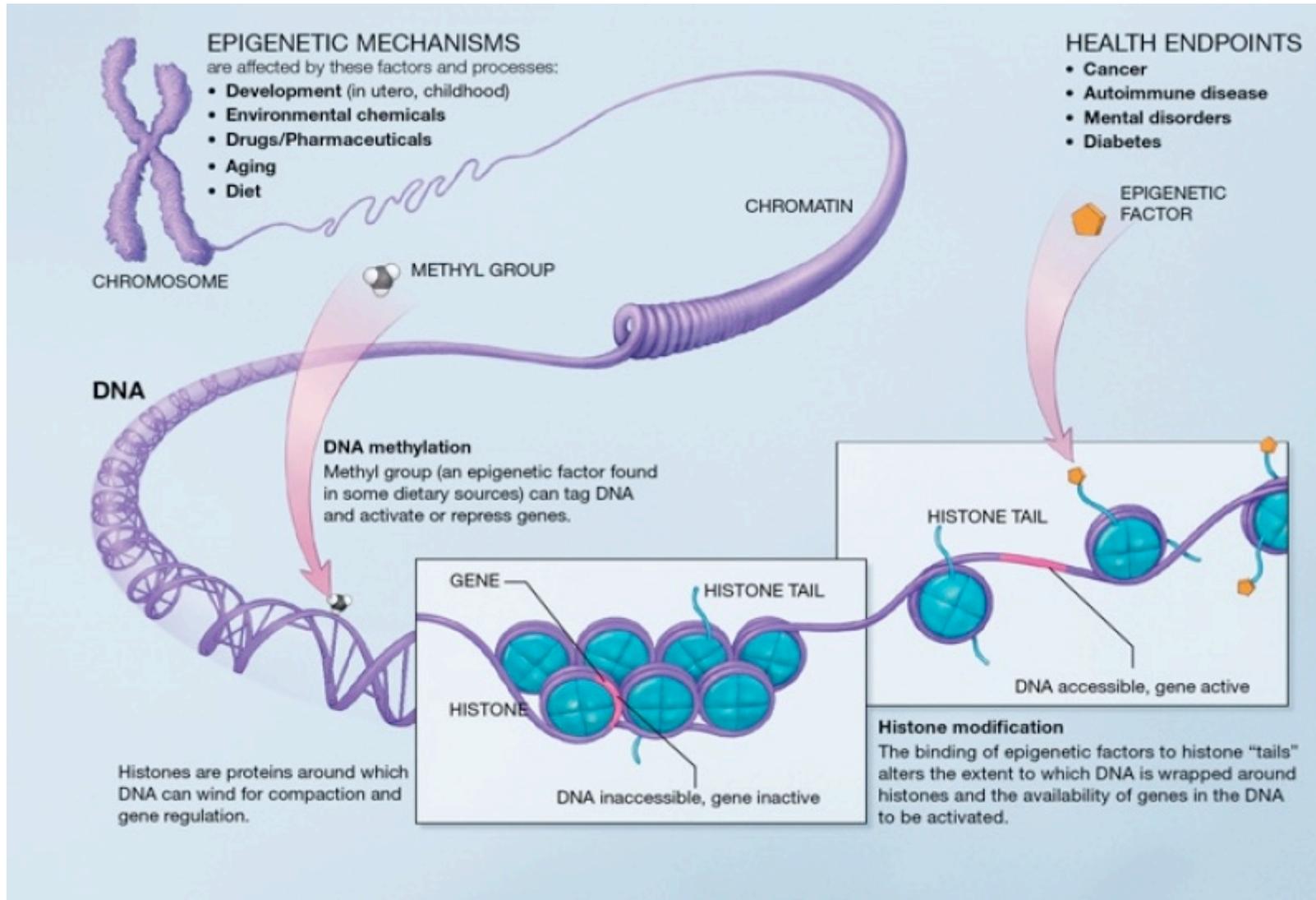
Генетика и эпигенетика

Эпигенетика и «наследуемые изменения»



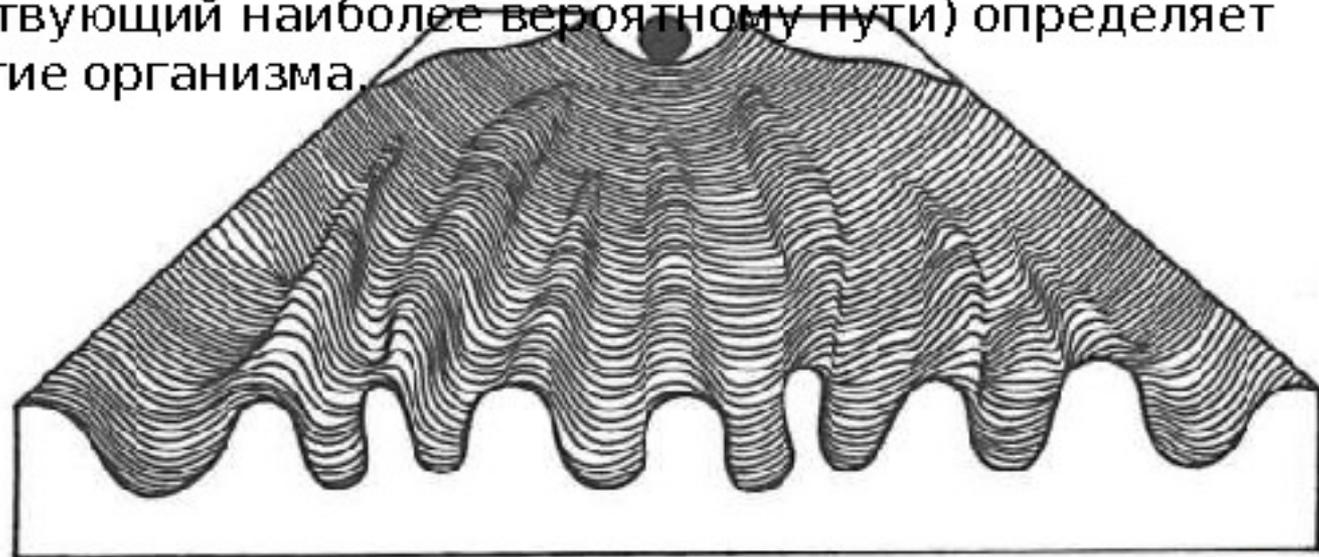
Генетика и эпигенетика

Модификация ДНК и гистонов



Развитие эпигенетики как отдельного направления молекулярной биологии началось в 1940-х, когда английский генетик **Конрад Уоддингтон** сформулировал **концепцию «эпигенетического ландшафта»**, объясняющую процесс формирования организма.

В процессе эмбриогенеза **осуществление записанной в генах программы развития происходит в конкретных условиях среды**. Взаимодействие генов и среды можно описать на следующей модели. Эмбриональное развитие можно сравнить с шариком, катящимся по наклонной поверхности с разными желобками. Такое представление эмбрионального развития, названное эпигенетическим ландшафтом. Самый глубокий желобок (соответствующий наиболее вероятному пути) определяет нормальное развитие организма.



(Ярыгин, 2011)

<http://bio.fizteh.ru/student/files/biology/biolections/lection15.html>

Предмет эпигенетики

«Исследование причинных взаимодействий между генами и их продуктами, приводящих к формированию фенотипа» (Waddington, 1942).

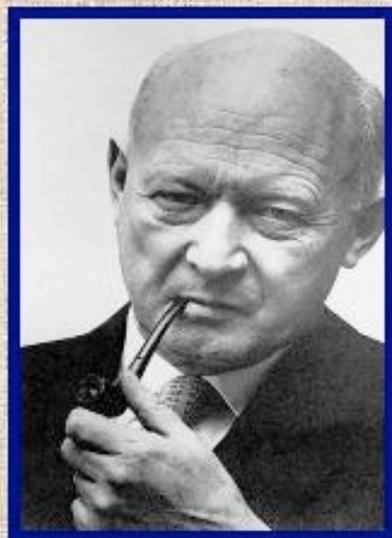
Генотип + эпигенотип = фенотип

Классическая генетика и генетика развития:

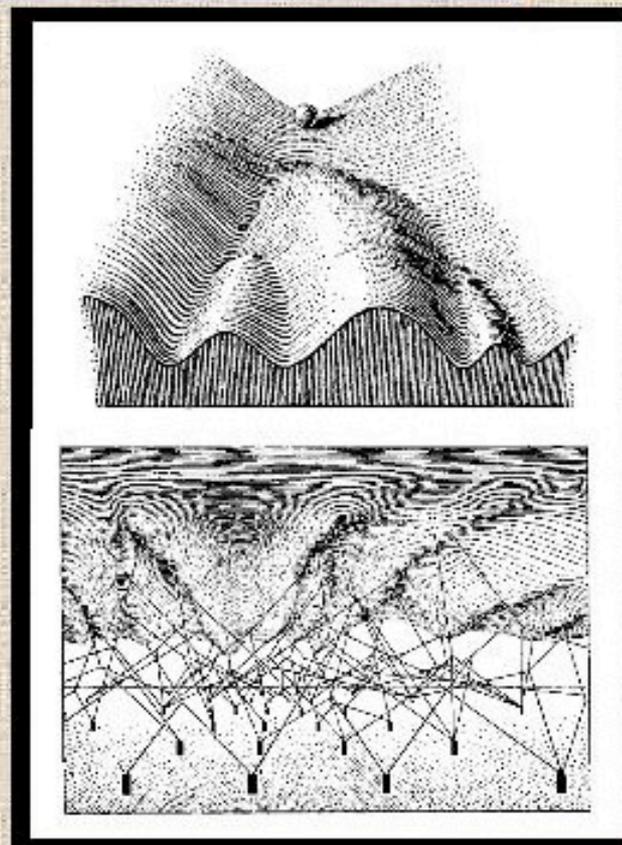
Изучение связи между изменчивостью генотипа и фенотипа в онтогенезе.

Эпигенетика в дополнение к генетике:

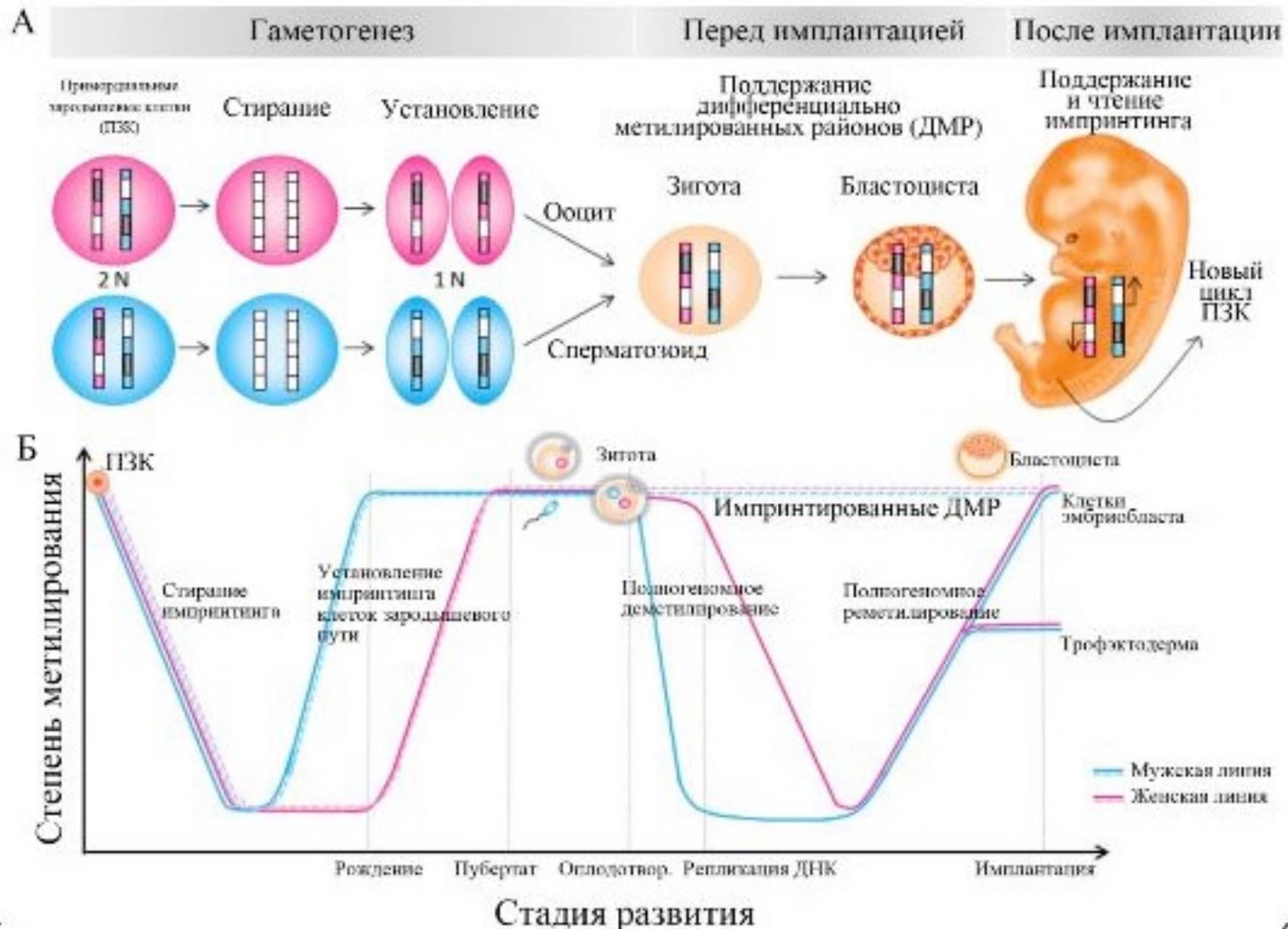
«исследует явления, при которых генетическая изменчивость не ведет к изменениям фенотипа, а фенотипическая изменчивость, в свою очередь, не всегда может быть объяснена нарушениями генотипа» (Jablonka, Lamb, 2002).



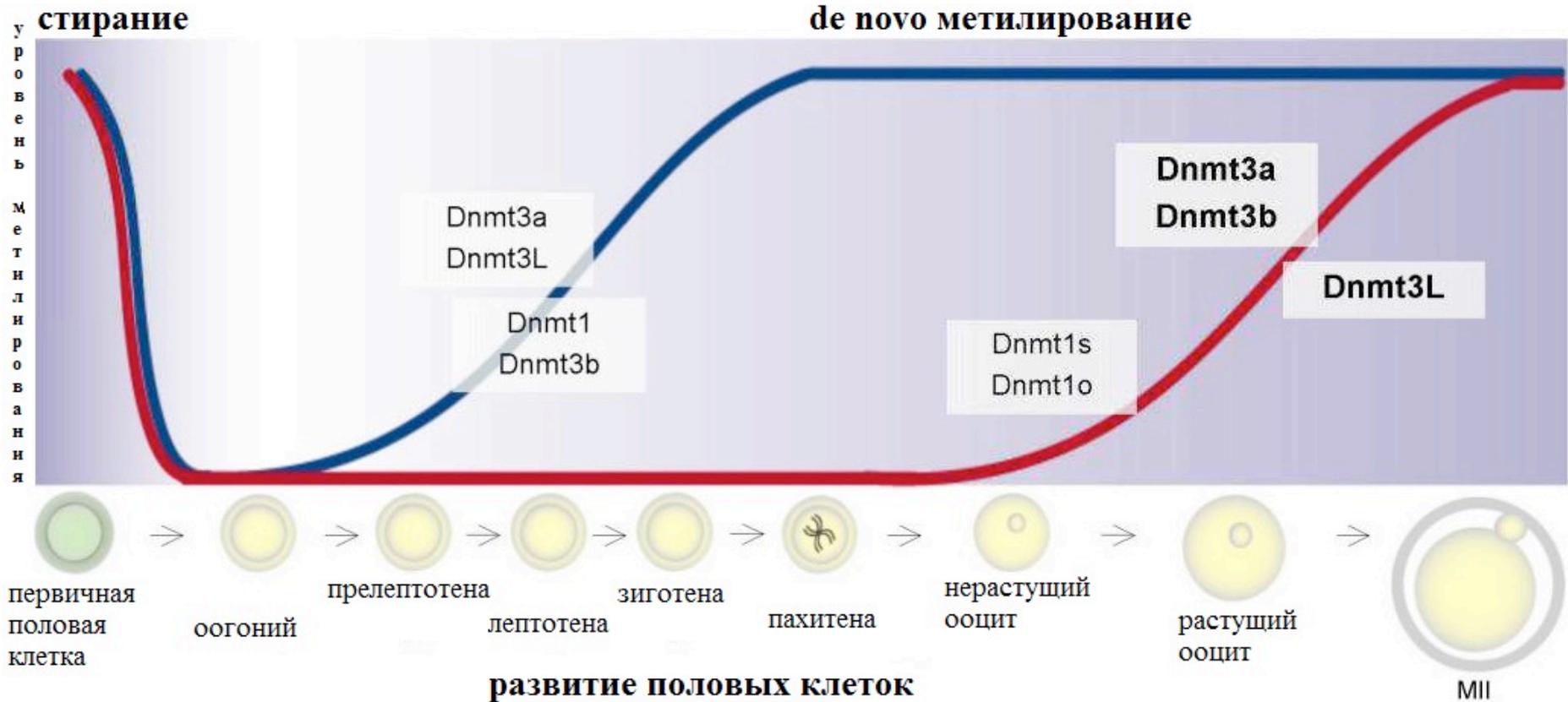
Конрад Уоддингтон
(1905-1975)



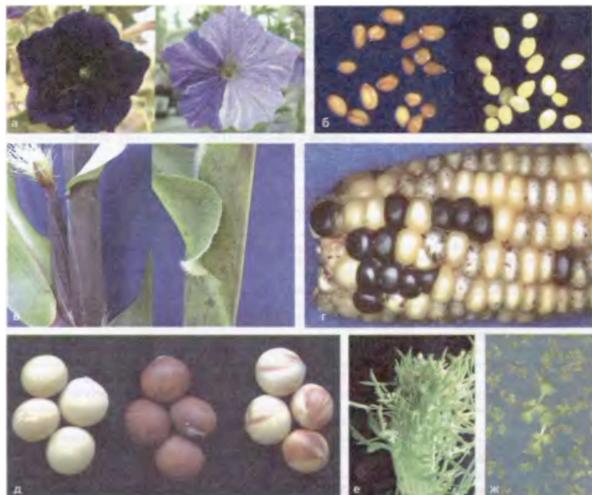
Генетика и эпигенетика человека



Генетика и эпигенетика человека



Генетика и эпигенетика

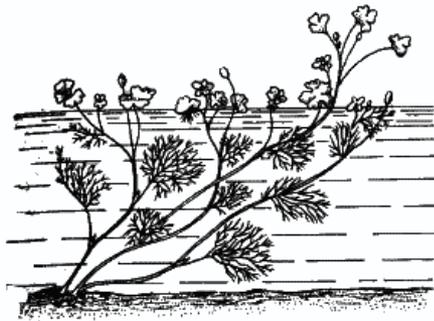


Эпигенетика растений и «наследуемые изменения»

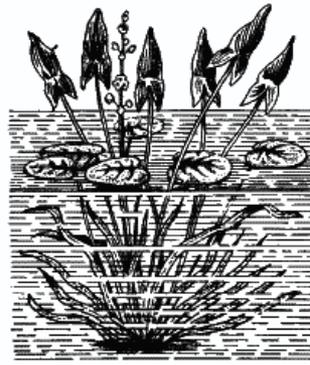
Гены, кодирующие окраску тканей у растений, позволяют довольно просто и недорого анализировать экспрессию генов *in vivo*

(а) Экспрессия гена дигидрофлавонолредуктазы (*DFR*) отвечает за темнопурпурную окраску цветков петунии, а при замалчивании промотора этого гена цветки становятся пестрыми, светлоокрашенными (любезно предоставлено Kooter). (б) У *Arabidopsis* с экспрессией гена (*CHS*) халконсинтетазы семена имеют темную оболочку, а после замалчивания этого гена в результате интеграции гомологичного трансгена они становятся желтыми (любезно предоставлено Ian Furner). (в) Растения кукурузы с В-1 геном имеют пурпурную пигментацию, а растения с парамутагенным инактивированным В' геном зеленые. (г) Початок кукурузы с сегрегированной вставкой транспозона (*Spm*) в гене *B-Peru*, необходимом для образования антоцианового пигмента. Пурпурные зерна представляют собой ревертанты, у которых в гене зародышевой линии вырезан *Spm* элемент. Сильно пятнистые зерновки содержат активный *Spm* элемент, который часто индуцирует соматическое вырезание соответствующих секторов при созревании зерновки. Зерна с редкими небольшими пурпурными участками представляют собой зерновки, у которых *Spm* элемент эпигенетически зарепрессирован (любезно предоставлено Vicky Chandler), (д) Темная окраска соевых бобов (в середине рисунка) уменьшается у культивируемых разновидностей сои (слева) в результате природного посттранскрипционного сайленсинга *CHS* гена, она может частично восстанавливаться при заражении родительского растения вирусом с РТГС супрессорным белком, обуславливающим пеструю окраску (справа). (е) Эпигенетическая регуляция может отражаться и в морфологии растений: сниженное функционирование субъединицы фактора сборки хроматина приводит к образованию «сросшегося» стебля у *Arabidopsis*, (ж) реактивация (снятие сайленсинга) трансгенного маркера устойчивости у *Arabidopsis* может быть выявлена по росту растения на селективной среде (с, перепечатано с разрешения Chandler et al., 2000 [Springer Science and Business Media]; д перепечатано с разрешения Senda et al., 2004 [©American Society of Plant Biologists].)

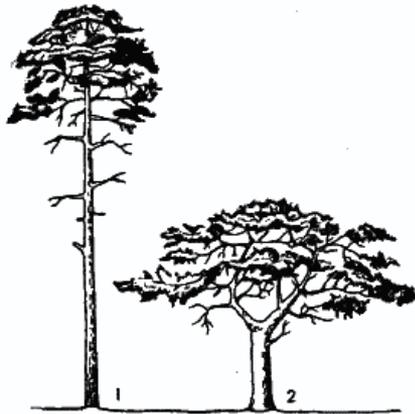
Фенотип = генотип + эпигеном + среда



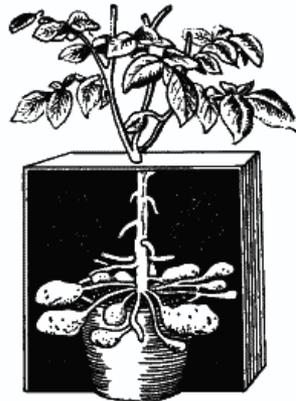
А



Б



В



Г

А – водяной лютик (подводные листья глубоко рассеченные, надводные цельные).

Б – водное растение стрелолист: подводные листья лентовидные, вытянутые, плавающие, почковидные, надводные действительно похожи на наконечники стрел. Индуктор изменения, не вода, а слабая освещенность. Затените стрелолист, растущий на суше, и у него будут возникать лентовидные подводные листья.

В – сосна растущая в окружении себе подобных (1) и отдельно растущая (2) Г – у картофеля из одних и тех же зачатков на свету возникают листья, а в темноте – клубни.

Первая аксиома?

Все живые организмы должны быть единством фенотипа и программы для его построения (генотипа), передающегося по наследству из поколения в поколение.

(Б. Медников)

Аксиома 1. Все живые организмы состоят из фенотипа и программы для его построения (генотипа), передающейся по наследству из поколения в поколение. Наследуется не структура, а описание структуры и инструкция по ее изготовлению. Жизнь на основе одного только генотипа и фенотипа невозможна, т.к. при этом нельзя обеспечить ни самовоспроизведения структуры, ни ее самоподдержания (Д. Нейман, Н. Винер).

Случаи, неукладывающиеся в Первую аксиому:

- вирусная ДНК,
- эпигенетика,
- эпигенетика растений.