

М.И. Баранов

АНТОЛОГИЯ ВЫДАЮЩИХСЯ ДОСТИЖЕНИЙ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ. ЧАСТЬ 25: ОТКРЫТИЯ В БИОЛОГИИ И ГЕНЕТИКЕ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Наведено короткий нарис з всесвітньої історії основних досягнень людства в області біології і генетики різних живих організмів. Бібл. 14, рис. 17.

Ключові слова: історія, наукові відкриття, біологія, генетика.

Приведен краткий очерк из всемирной истории основных достижений человечества в области биологии и генетики различных живых организмов. Библ. 14, рис. 17.

Ключевые слова: история, научные открытия, биология, генетика.

Введение. *Биология* как совокупность многих наук изучает живую природу. Она в земных условиях познает сущность, происхождение и развитие жизни в ее разнообразных формах, а также изыскивает наиболее рациональные методы охраны и преобразования живой природы в соответствии с потребностями человека [1, 2]. Важной областью биологии является *генетика*, изучающая закономерности и материальные основы наследственности и изменчивости живых организмов и механизмы эволюции всего живого на Земле [2]. Как известно, *наследственностью* называется свойство одного поколения представителей растительного или животного миров передавать другому поколению основные признаки строения, физиологические свойства и специфический характер своего индивидуального развития [2]. *Изменчивость* – это появление различий между организмами (частями организма или группами организмов) по отдельным признакам. Отметим, что понятие «*генетика*», связанное с наследственностью и вариативностью живых организмов, происходит от греческого слова «*genētikos*» – «*порождать*» [1]. *Генетика* как название новой науки было предложено в 1906 году английским ученым В. Бэтсоном [2]. В период научно-технической революции генетика является одним из наиболее актуальных и бурно развивающихся разделов биологии, тесно связанным с практикой. Ведь успехи современной генетики способствуют увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур (например, пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы и др.), получению лучших пород скота и пушных зверей. Достижения генетики способствуют развитию микробиологии и соответственно микробиологической промышленности (например, производства антибиотиков и других лекарств). Они (эти достижения) позволяют подойти человеку к решению грандиозной научной задачи будущего – разработке мер защиты наследственного аппарата человека от вредного влияния факторов окружающей его среды, а также способов лекарственной коррекции (исправления) наследственных недугов у человека. В недалеком будущем возможно и прямое вмешательство в наследственный аппарат человека с целью замены в нем «больных» генов (источников наследственности), от которых зависит его то или иное заболевание. Постараемся ниже дать основные научно-исторические сведения, касающиеся рассматриваемой нами актуальной области биологической науки – *генетики* и уже уста-

новленных человечеством значимых достижений на пути ее эволюционного развития.

1. Краткая история зарождения и становления классической генетики. Еще в далекие доисторические времена для улучшения урожайности злаковых культур и потомства домашних животных путем их селективного разведения людьми был использован тот факт, что живые существа наследуют основные черты своих родителей. Первые попытки исследования человеком наследственности относятся к концу 17-го века. Так, в 1694 году немецкий ботаник Р. Камерариус доказал существование половых различий у растений [3]. Далее в 1760 году член Петербургской академии наук И. Кельрейтер установил наследование растительными гибридами признаков своих родителей и доказал «равноправие» мужских и женских клеток в формировании завязи, а также предложил методы искусственного скрещивания, которые используются до настоящего времени [3]. Выяснить основные законы наследования в растительном мире потомками признаков своих родителей удалось только во второй половине 19-го века австрийско-чешскому монаху-августину и ученому Грегору Менделю (рис. 1) [2]. Классическая генетика, которая стремится исследовать и понять процесс наследования у всех живых организмов, реально именно и началась с научных работ ученого-натуралиста Г. Менделя, относящихся к 1865 году [3].



Рис. 1. Основоположник учения о наследственности в мире растений и животных – известный австрийско-чешский естествоиспытатель Грегор Мендель (1822-1884 гг.) [3]

© М.И. Баранов

Г. Мендель в течение ряда лет (с 1854 по 1863 годы) изучал природу наследования признаков у растений на примере 22-х разновидностей декоративного гороха рода *Pisum*. В своих классических опытах по скрещиванию гороха Г. Мендель для четырёх поколений гороха обследовал около 20 тысяч потомков [2]. Он проследил порядок наследования определенных признаков для гороха и правильно описал их математически [2]. В работах Г. Менделя на основании проведенных им опытов по сегрегации наследственных признаков было выдвинуто мнение, что наследственность является дискретной и постоянной, а не приобретенной в процессе существования растительного организма. Им было показано, что характер наследования у растений многих признаков может быть объяснен и описан с помощью простых математических правил и пропорций. На основе селекционирования гороха Г. Менделем были открыты три основных закона наследуемости признаков у растительного организма: закон единообразия гибридов первого поколения (*первый закон Менделя*), закон расщепления (*второй закон Менделя*) и закон независимого комбинирования признаков (*третий закон Менделя*) [3]. Напомним, что первый закон Менделя утверждает, что скрещивание особей, различающихся по данному признаку (гомозиготных по разным аллелям), дает генетически однородное потомство (поколение F1), все особи которого гетерозиготны. В *генетике аллелем* принято называть отличие, связанное с наличием различных вариантов одного и того же *гена* (понятие «гена» происходит от греческого слова «genēs» – «рожденный» [1]). Кстати, набор всех аллелей (*генов*) для данного организма называется его *генотипом*, а наблюдаемая характеристика или признак организма называется его *фенотипом*. Следует заметить, что такие принципиально важные в биологической науке понятия как ген, генотип и фенотип предложил в 1909 году датский ученый В. Иогансен [4]. Суть второго закона Менделя состоит в том, что когда у организма, гетерозиготного по исследуемому признаку, формируются половые клетки-гаметы, то одна их половина несет один аллель данного гена, а вторая – другой. Поэтому при скрещивании гибридов поколения F1 между собой среди гибридов второго поколения F2 в определенных соотношениях появляются особи с фенотипами как исходных родительских форм, так и поколения F1 [2]. Третий закон Менделя говорит о том, что каждая пара альтернативных признаков ведет себя в ряду поколений организма независимо друг от друга, в результате чего среди потомков второго поколения F2 в определенном соотношении появляются особи с новыми (по сравнению с родительскими) комбинациями признаков. В 1865 году Г. Мендель в неявной форме высказал идею дискретности и бинарности наследственных «задатков» (эти «задатки» потом биологи стали называть *генами*): каждый признак организма контролируется материнской и отцовской парой «задатков», которые через родительские половые клетки передаются гибридам и нигде не исчезают. «Задатки» признаков не влияют друг на друга, но расходятся при образовании половых клеток и затем свободно комбинируются у потомков в соответствии

с менделевскими законами расщепления и комбинирования признаков. Поэтому считается, что Г. Мендель высказал смелое предположение о существовании в растительных клетках отдельных (дискретных) частиц, являющихся «задатком» (*геном*) наследственных признаков. Он интуитивно считал, что каждая соматическая клетка несет пару наследственных «задатков» (*генов*), а в половых клетках-гаметах содержится по одному «задатку» (*гену*) из пары. При оплодотворении, когда происходит слияние половых клеток, эти «задатки» (*гены*) объединяются в различных комбинациях. Именно их проявление в процессе формирования нового организма и лежит в основе воспроизведения наследственных признаков родителей. Гениальная догадка Г. Менделя, основанная лишь на его безупречно точных опытах, их математической обработке и глубоком логическом анализе причин наблюдаемых явлений при гибридизации гороха, значительно опережала свое время и поэтому она не могла быть понята и по достоинству оценена его современниками. Английская ученая-биолог Ш. Ауэрбах в свое время образно написала, что [3]: «...успех работы Менделя, по сравнению с исследованиями его предшественников, объясняется тем, что он обладал двумя существенными качествами, необходимыми для ученого: способностью задавать природе нужный вопрос и способностью правильно истолковывать ответ природы». Упорный восьмилетний труд Г. Менделя по гибридизации гороха увенчался его статьей «Опыты над гибридизацией растений» в научном сборнике Брюннского (ныне г. Брно, Чехия) Общества по исследованию природы (1866 год) [3]. Данная работа и стала краеугольным камнем *генетики*. Это редкий в истории научных знаний случай, когда одна статья знаменовала собой рождение новой научной дисциплины. Всемирная история науки и техники свидетельствует о том, что великие научные открытия часто признаются не сразу. Так произошло и с законами Менделя, открытыми на растительной культуре горохе, но, как оказалось в дальнейшем, имеющими всеобщий характер для всех живых организмов. Народная мудрость гласит, что «*знание фактов еще не означает их понимание*». Поэтому Г. Менделю необходимо было убедить научное сообщество в важности и всеобщности открытых им законов, определяющих *наследственность* в природе. Но, как известно, подобная задача столь же трудна, как и совершение самого научного открытия. Только начиная с 1900 года, после практически одновременной публикации статей трех известных ботаников (Х. де Фриза, К.Э. Корренса и Э. фон Чермака), независимо подтвердивших опытные данные Г. Менделя по наследственности в мире растений собственными опытными наблюдениями, произошло признание пионерских результатов его работ в области *генетики* [4].

Менделевская *теория наследственности*, включающая совокупность представлений о наследственных детерминантах (*генах*) и характере их передачи от родителей к потомкам, по своему смыслу оказалась прямо противоположной доменделевским теориям. В частности, теории пангенезиса, предложенной известным английским ученым-натуралистом Ч. Дарвином.

В соответствии с теорией пангенезиса признаки родителей прямо от всех частей организма передаются потомству [4, 5]. Поэтому по Дарвину характер признаков потомка должен прямо зависеть от свойств его родителя. Г. Мендель же в своем подходе к передаче организмом наследственных признаков сделал совершенно противоположные выводы [2, 4]: детерминанты наследственности (*гены*) присутствуют в организме относительно независимо от него самого. Характер признаков (фенотип) определяется их (*генов*) случайным сочетанием. Они (признаки) не модифицируются какими-либо частями организма и находятся в отношениях доминантности-рецессивности. Таким образом, менделевская *теория наследственности* противостоит идее наследования приобретенных в течение индивидуального развития организма признаков [4].

2. Последующие достижения в области биологии и классической генетики. В период 1899-1901 гг. нидерландский ученый Х. де Фриз и российский ученый С.И. Коржинский обнаружили биологические организмы, резко отличающиеся от своих сородичей по какому-либо признаку, и сформулировали теорию, согласно которой наследственные свойства и признаки организма могут внезапно и резко изменяться. Эта теория получила название *теории мутаций*. Начало 20-го века ознаменовалось бурным развитием генетических исследований во всем мире. К этому времени благодаря успехам микроскопической техники [6] стали известны детали строения клеток растений и животных и были открыты закономерности образования половых клеток [3]. Тогда же были обнаружены и *хромосомы* – особые структуры в ядре клетки, число и набор которых оказались весьма стабильны в клетках организмов одного вида и различны в клетках организмов разных видов [3]. Далее биологами было открыто деление клеток – *митоз*, во время которого происходит точное распределение удвоившихся *хромосом* родительских клеток по вновь образовавшимся дочерним клеткам [2, 3]. Поэтому именно *хромосомы* ученые-генетики стали считать носителями наследственных «задатков» – *генов*. В период 1910-1913 гг. американский биолог Т.Х. Морган (рис. 2) и его ученики в опытах на плодовой мушке дрозофиле доказали, что *гены* действительно сосредоточены в *хромосомах* в линейном порядке. Ими был экспериментально установлен процесс обмена участками *хромосом* (*генами*) во время сближения парных *хромосом* и перекреста между ними (*кроссинговера*) [3]. Вслед за этим Т.Х. Морганом были построены первые карты *хромосом* для насекомого дрозофилы, а затем и для полезных растений. На этих картах указывалось взаимное расположение *генов* в *хромосомах* указанных живых организмов и относительное расстояние между ними. С учетом полученных результатов Т.Х. Морганом в 1913 году была предложена *хромосомная теория наследственности*, согласно которой передача признаков и свойств живого организма от поколения к поколению (*наследственность*) осуществляется через *хромосомы*, в которых расположены *гены* [1, 2]. Данная теория стало одним из наиболее крупных материалистических научных обобщений молодой *генетики* в начале 20-го века [3]. За выдающиеся работы в области *генетики* Т.Х. Морган в 1933 году был

удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине [2]. К началу 1930-х годов была экспериментально доказана возможность изменчивости *генов* (мутация) под влиянием факторов окружающей среды [2, 3]. В 1925 году советские ученые Г.А. Надсон и его ученик Г.С. Филиппов на низших дрожжах, а в 1927 году американский ученый Г. Мёллер на мушке дрозофиле получили наследственные изменения (мутации) под действием рентгеновских лучей [3, 4]. В 1928 году другой ученик Г.А. Надсона – генетик М.Н. Мейсель показал способность химических реагентов вызывать мутации у дрожжей. В 1932 году явление химического мутагенеза у плодовой мушки дрозофилы наблюдал советский биолог В.В. Сахаров, а, начиная с 1939 года, советский генетик И.А. Рапопорт начал весьма широкое изучение мутагенной (вызывающей мутации) активности многих химических соединений [3].



Рис. 2. Выдающийся американский ученый-биолог Томас Хант Морган (1886-1945 гг.), разработавший хромосомную теорию наследственности для живых организмов [2, 7]

В результате указанных выше исследований в конце 1920-х годов перед генетиками многих стран мира особенно остро встали такие вопросы: что же представляет собой *ген* как структурная единица наследственности и какова его химическая природа? На *первый вопрос* попытки найти ответ были предприняты еще известным американским биологом Т.Х. Морганом, а также рядом других исследователей, включая и советских ученых А.С. Серебровского, Н.В. Тимофеева-Ресовского, А.А. Прокофьеву-Бельговскую в соавторстве с Г. Мёллером, приехавшим на несколько лет поработать в лучших микробиологических лабораториях СССР [3]. Тогда и было установлено, что каждый *ген* определяет в организме развитие определенного признака и является минимальной частью *хромосомы*, которая может быть передана в другую *хромосому* в процессе их перекреста (*кроссинговера*) [2, 4]. В это время считалось также установленным, что в результате такого перехода *ген* изменяется целиком, не дробясь. Однако, в период 1928-1929 гг. в известной советской лаборатории А.С. Серебровского было доказано, что в определенных условиях *ген* удается разделить на различные участки (центры), мутирующие раздельно. В дальнейшем им и его учениками (прежде всего, будущим академиком АН СССР Н.П. Дубининым) была сформулирована так называемая

центровая теория гена [3]. Сущность этой теории заключалась в том, что *ген* состоит из отдельных расположенных в линейном порядке частей и что отдельные части *гена* могут независимо друг от друга изменяться (мутировать), обмениваться при перекресте *хромосом* (*кроссинговере*) и что действие *гена* в целом обусловлено объединением и согласованием функций его частей [2, 3]. Заметим, что позднее в период 1957-1961 гг. американский ученый-генетик С. Бензер экспериментально доказал, что по длине *гена* может возникать множество мутаций и что при *кроссинговере* в обмене участвуют не целые *гены*, а лишь их отдельные участки [4]. Сложнее обстояло дело со *вторым вопросом*, касающимся изучения химической природы *генов*. Уже в начале 20-го столетия учеными-биологами было выяснено, что в *хромосомах* содержатся белки и нуклеиновые кислоты [2]. Причем, *хромосомы*, являющиеся структурными элементами клеточного ядра, содержат главным образом *дезоксирибонуклеиновую кислоту* (ДНК) [3]. Однако ученые-биологи вплоть до 1950-х годов полагали, что *гены* должны содержаться в молекулах белков. Только после зарождения нового направления в генетике – *молекулярной генетики* удалось экспериментально доказать, что именно ДНК несет генетическую функцию в живом организме [3, 4]. В 1944 году опытным путем было установлено то, что введение ДНК, взятой от одних бактерий, в клетки других бактерий вызывает у последних микроорганизмов изменения их наследственных свойств. В 1953 году американский ученый-биолог Дж. Уотсон (рис. 3) и английский ученый-биолог Ф. Крик (рис. 4) предложили гипотезу о строении ДНК, согласно которой биополимерная молекула ДНК имеет форму двойной спирали (рис. 5).



Рис. 3. Соавтор гипотезы о строении и один из первооткрывателей структуры молекулы ДНК – выдающийся американский ученый-биолог Джеймс Уотсон (1928 г.р.) [7]

Большой вклад в экспериментальные исследования молекулярной структуры ДНК и *рибонуклеиновой кислоты* (РНК) в 1950-х годах внес известный английский ученый-биолог М. Уилкинс (рис. 6) [4]. В 1962 году ученым-биологам Ф. Крику, Дж. Уотсону и М. Уилкинсу за открытие молекулярной структуры нуклеиновых кислот ДНК, РНК и их роли в наследственной передаче потомкам биологических признаков и свойств живых организмов была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине [8].

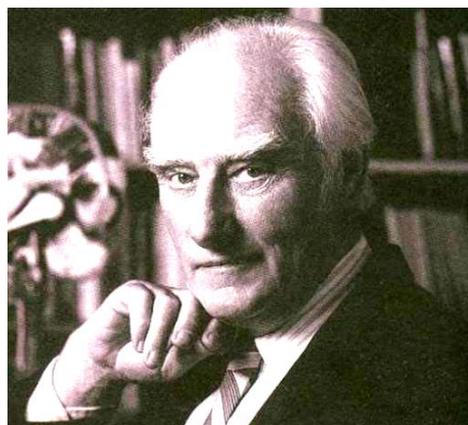


Рис. 4. Соавтор гипотезы о строении и один из первооткрывателей структуры молекулы ДНК – выдающийся английский ученый-биолог Фрэнсис Крик (1916-2004 гг.) [7]

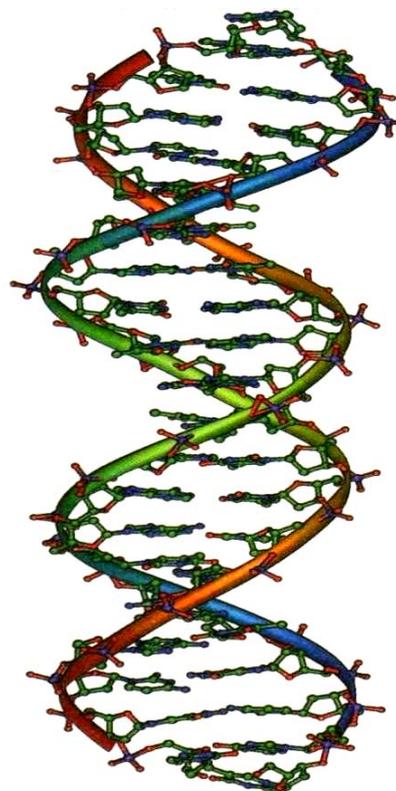


Рис. 5. Двойная спираль макромолекулы ДНК, ставшая в биологическом мире знаменитой «лестницей жизни» [2, 7]

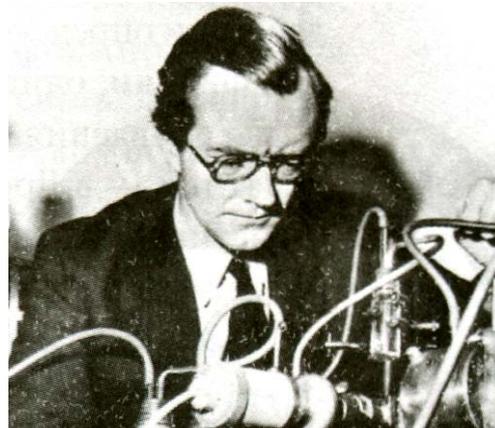


Рис. 6. Один из первооткрывателей структуры молекул ДНК и РНК – выдающийся английский ученый-биолог Морис Уилкинс (1916-2004 гг.) [7]

Следует отметить, что указанная гипотеза Дж. Уотсона и Ф. Крика о строении ДНК, быстро получившая опытное подтверждение, мировое признание и развитие, находится в основе современных представлений о строении и свойствах нуклеиновых кислот [4, 5]. В ходе исследований было установлено, что именно ДНК и РНК, а не белки, являются теми молекулярными структурами, которые обеспечивают хранение и передачу генетической информации – *наследование* признаков от клетки к клетке и через половые клетки от организма родителей к потомкам [3].

На рис. 7 приведена первая рентгенограмма молекулы ДНК [3, 7]. Укажем и то, что в ДНК с помощью ее молекулярных линейных частей – *генов* закодированы основные признаки живого организма и заключена его наследственная информация в виде *генетического кода* [1, 4]. Необходимо отметить здесь, что *генетический код* – это своеобразная система «записи» наследственной информации организма в молекулах нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), представленная у животных, растений, микроорганизмов и вирусов в виде последовательности *нуклеотидов*, предписывающей соответствующую последовательность *аминокислот* в синтезируемом им белке [1, 5].

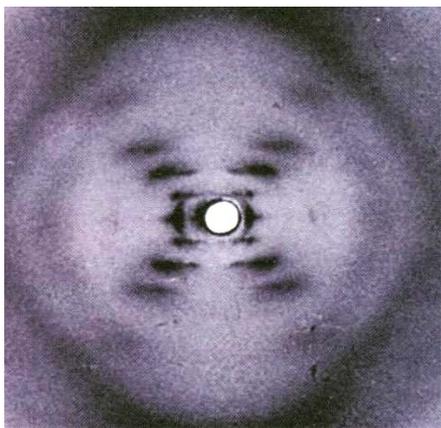


Рис. 7. Первая рентгенограмма молекулы ДНК, полученная американским исследователем Розалинд Франклин [7]

Для лучшего понимания читателем данного весьма сложного научного материала биологической направленности укажем, что ДНК является одной из нуклеиновых кислот или биополимером, состоящим из множества *нуклеотидов* с огромной молекулярной массой, содержащих углевод *дезоксирибозу* [1, 2]. Молекула ДНК содержит два пурина – *аденин* и *гуанин*, два пиримидина – *цитозин* и *тимин* (рис. 8), остатки дезоксирибозы и фосфорной кислоты [5, 9]. ДНК – характерная составная часть вещества клеточного *ядра* животных и растений. В свободном виде в живых организмах она никогда (за исключением *фагов*) не встречается. ДНК обычно содержится в виде *нуклеопротеидов*, входящих в состав *хромосом* [3]. ДНК играет важнейшую биологическую роль, сохраняя и передавая по наследству индивидуальные признаки и свойства живого организма [1, 2]. Кроме того, укажем, что РНК – это один из видов нуклеиновой кислоты или биополимер, состоящий из *нуклеотидов*, содержащих углевод *рибозу* [1, 5]. Молекула РНК (рис. 9) содержит два пурина – *аденин* и *гуанин*, два

пиримидина – *цитозин* и *урацил*, остатки пентозы и фосфорной кислоты [5, 9]. РНК является характерной составной частью *цитоплазмы* животных и растительных клеток. РНК сосредоточена преимущественно в *рибосомах* (внутриклеточных частицах, состоящих из белка и РНК и свободно размещенных в *цитоплазме* клетки или прикрепленных к внутриклеточным мембранам) и в меньшем количестве присутствует в *ядре* клеток. РНК входит в состав *нуклеопротеидов* и играет важную роль в биосинтезе белка в живом организме. Отметим, что в настоящее время микробиологами наиболее изучены три вида РНК [1, 2]: *рибосомная*, непосредственно участвующая в биосинтезе белка в организме; *информационная*, обеспечивающая передачу наследственных свойств организма; *транспортная*, переносящая остатки аминокислот на *рибосомы*, служащие местом внутриклеточного биосинтеза белка. Матрицей для синтеза РНК служит ДНК, определяющая тем самым их первичную структуру (транскрипцию) [9]. Через посредство *информационной* РНК осуществляется трансляция или синтез специфических белков, структура которых задана ДНК в виде определенной нуклеотидной последовательности [9]. Оказалось, что молекулы РНК переносят биологическую информацию, «записанную» в молекулах ДНК (*генах*), на вновь синтезируемые в клетках живых организмов молекулы белков, а молекулы ДНК в *генах* сохраняют эту информацию и строго передают её по наследству своим потомкам [9].

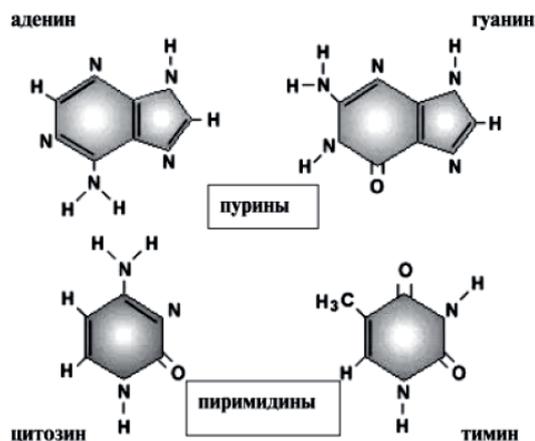


Рис. 8. Химическая структура важных для биологической жизни азотистых соединений (пуринов и пиримидинов), находящихся в основе построения макромолекулы ДНК [9]

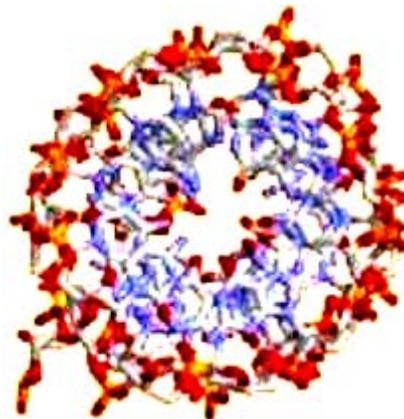


Рис. 9. Общий вид биополимерной макромолекулы РНК [9]

На рис. 10 приведен фрагмент макромолекулы ДНК, полученный на электронном микроскопе [6, 9].

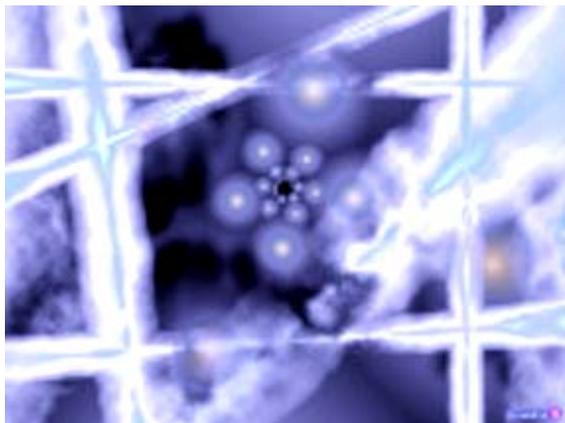


Рис. 10. Фрагмент спиралей макромолекулы ДНК, полученный с помощью современного электронного микроскопа [9]

В период 1959-1961 гг. П. Доти, А.С. Спириным и их сотрудниками было установлено, что все клеточные РНК представляют собой одноплетневые *полинуклеотиды* с характерной вторичной структурой, построенной из коротких двуспиральных участков, соединенных одноплетневыми участками [2]. В 1960 году сразу в нескольких лабораториях мира был открыт фермент РНК-полимераза, осуществляющий синтез РНК на ДНК-матрицах. Так идея выдающегося английского ученого-биолога Ф. Крика о передаче генетической информации от ДНК к белку через РНК (цепочка ДНК-РНК-белок), высказанная им еще в середине 1950-х годов, приобрела конкретное содержание.

Молекула ДНК состоит из многих мономеров – *дезоксирибонуклеотидов*, соединенных через остатки фосфорной кислоты в определенной последовательности, специфичной для каждой индивидуальной ДНК. Уникальная последовательность *дезоксирибонуклеотидов* в молекуле ДНК представляет собой кодовую запись биологической информации. Две такие полинуклеотидные цепочки (см. рис. 5) образуют в молекуле ДНК двойную спираль, в которой комплементарные основания (поперечные «перемычки» или «ступеньки» этой «лестницы жизни») – *аденина* (А) с *тимин*ом (Т) и *гуанин* (Г) с *цитозин*ом (Ц) прочно связаны друг с другом при помощи водородных связей и так называемых гидрофобных взаимодействий [9]. Такая характерная структура *дезоксирибонуклеотидов* в молекуле ДНК обуславливает не только биологические свойства ДНК, но и её физико-химические особенности. Наличие в ДНК пуриновых и пиримидиновых оснований (см. рис. 8) обуславливает интенсивное поглощение молекулами ДНК ультрафиолетовых лучей с максимумом при длине волны около 260 нм [9]. При нагревании растворов с молекулами ДНК связь между указанными выше парами их оснований-нуклеотидов (поперечными «перемычками» или «ступеньками») ослабевает и при некоторой температуре, характерной для данной ДНК (обычно 80-90 °С), две длинные полинуклеотидные цепочки отделяются друг от друга (происходит плавление или так называемая денатурация ДНК) [9]. Было установлено, что биополимерные макромолекулы ДНК обла-

дают очень высокой молярной массой – до сотен миллионов [2, 9]. Отметим, что в клеточном ядре молекулы ДНК находятся преимущественно в виде ДНК-протеидов в комплексах с белками (главным образом гистонами), образующих характерные ядерные структуры – *хромосомы* и *хроматин* [9]. Внутриклеточный процесс удвоения ДНК (репликация) заключается в развёртывании двойной спирали молекулы ДНК и синтезе на каждой её длинной полинуклеотидной цепи новой и комплементарной ей цепочки. Каждая из двух новых молекул ДНК, идентичных старой молекуле ДНК, содержит по одной старой и одной вновь синтезированной полинуклеотидной цепочке. Биосинтез в клетках молекул ДНК происходит из богатых свободной энергией нуклеозидтрифосфатов под действием фермента ДНК-полимеразы [2, 9].

В молекулах РНК комплементарными основаниями служат пурино-пиримидиновые соединения – *аденина* (А) с *урацилом* (У) и *гуанин* (Г) с *цитозин*ом (Ц) [9]. Молекулы РНК являются линейными полинуклеотидами с длиной цепи от нескольких десятков до нескольких десятков тысяч нуклеотидов (их молярная масса изменяется от 10^4 до 10^6 [2, 9]. Причём, каждая индивидуальная молекула РНК имеет определённую последовательность своих нуклеотидов. В живом организме молекулы РНК находятся в виде комплексов с белками – *рибонуклеопротеидов*.

Значительный вклад в развитие *мировой генетики* был внесен английским ученым-биологом Р. Фишером, ставшим основателем математической *генетики*, и известным украинско-российским ученым-биологом Н.И. Вавиловым (рис. 11) [2, 7]. Отметим, что Н.И. Вавилов основал и обосновал современное учение о биологических основах селекции, учение о мировых центрах происхождения культурных растений и учение об иммунитете растений, а также открыл закон гомологичности (одинаковости) рядов в наследственной изменчивости живых организмов (1920 год) [2, 7]. Он возглавлял Институт растениеводства АН СССР и основал Институт генетики АН СССР [2]. В период сталинских репрессий и лысенковщины в советской науке, когда *генетика* в СССР была объявлена лженаукой, он был в 1940 году арестован и заключен в тюрьму (в 1955 году он посмертно был реабилитирован) [2, 7]. Выдающийся российский физик-теоретик современности, лауреат Нобелевской премии по физике за 2003 год (за изучение механизмов сверхпроводимости вещества [10]), академик РАН Виталий Лазаревич Гинзбург (1916-2010 гг.) не так давно о том «темном» периоде для прогрессивной советской науки говорил следующее [11]: «...Преследование передовой науки со стороны «корифея всех наук» Сталина – это проявления и, так сказать, плоды несвободы при тоталитарном строе. Документально доказано, что лысенковщина с её «мичуринским учением» и отрицанием генетики стала возможна только в результате сталинского произвола. Сопrotивление большинства советских биологов было просто подавлено силой, неудобных изгнали с работы, а некоторых и арестовывали. Самый известный пример из этой истории – трагическая судьба академика Н.И. Вавилова».



Рис. 11. Выдающийся советский ученый-биолог, академик АН СССР Николай Иванович Вавилов (1887-1943 гг.) [9]

Поэтому нам можно уверенно констатировать, что парность «задатков» (*генов*), парность *хромосом*, *двойная спираль* молекулы ДНК – вот логическое следствие и магистральный путь развития генетики 20-го века на основе пионерских научных идей в области *наследственности* растений видного австрийско-чешского ученого-натуралиста Г. Менделя [3, 5].

3. Краткие общебиологические основы наследственности для живых организмов. Отметим, что первые идеи о механизме наследственности в природе высказали еще древнегреческие ученые Демокрит, Гиппократ, Платон и Аристотель. Автор первой научной теории эволюции живых организмов французский ученый Ж.-Б. Ламарк воспользовался идеями древнегреческих ученых для объяснения постулированного им на рубеже 18-19 веков принципа передачи приобретенных в течение жизни индивидуума новых признаков своему потомству. Как уже отмечалось выше, Ч. Дарвин выдвинул теорию пангенезиса, изложенную в его труде «*Изменение домашних животных и культурных растений*» (1868 год) и объяснявшую наследование потомками приобретенных в процессе существования живого организма признаков. Новое слово о механизме наследственности растений сказал Г. Мендель, сформулировав при этом основные законы передачи наследственных признаков от их родителей к потомкам. Ученые многие годы «бились» над проблемой *наследственности*, пытаясь определить при этом, какие же именно молекулы в клетках живого организма отвечают за наследственность. После открытия во второй половине 20-го столетия молекулярной структуры ДНК и РНК ученые-биологи поняли, что именно ДНК и РНК содержат в своей структуре «запись» наследственной информации, тот *генетический код*, ту наследственную программу, согласно которой при развитии нового организма (потомка) будут формироваться его признаки и свойства. Причем, данная наследственная информация будет определяться последовательностью (порядком) размещения в молекуле ДНК ее *нуклеотидов* на исследуемом фрагменте ДНК (рис. 12) [2]. Оказалось, что разные индивиды (организмы) могут отличаться друг от друга по составу *нуклеотидов* (при постоянной длине фрагмента ДНК) или по длине самого фрагмента ДНК (за счёт вставки или выпадения

отдельных *нуклеотидов*) [3]. Гипотеза Уотсона – Крика дала возможность понять, как происходит постоянное и точное воспроизведение в клетках живых организмов молекул ДНК (репликация этих биополимерных молекул) или иными словами как обеспечивается сохранение и поддержание генетической программы организма [3]. Сама идея о возможности воспроизведения клетками биологического организма наследственного материала была высказана еще в 1927 году советским ученым Н.К. Кольцовым [4]. Однако Н.К. Кольцов связывал эту способность с функцией белковых молекул *хромосом*. В конце концов генетиками было установлено, что воспроизведение (репликация) молекул ДНК происходит путем удвоения ее цепей за счет предварительного разъединения двойной спирали ДНК на две одиночные с дальнейшей достройкой на каждой из них ее точной копии согласно правилу соответственности или комплементарности [3]. В ходе дальнейших генетических исследований, проведенных в ведущих научных лабораториях мира, был раскрыт сложный механизм воспроизведения ДНК. Учеными-биологами была выявлена роль ферментов в этом тонком внутриклеточном процессе. Было показано, что принципиальная схема репликации биополимерных молекул ДНК сходна как у низших, так и у высших живых организмов [4, 5]. Параллельно с этим у генетиков вырисовывалась картина функционирования наследственной записи, связанная с осуществлением генетического контроля биосинтеза белков. Здесь выяснилась важная роль в этом биопроцессе макромолекул двух видов РНК – так называемой *информационной РНК* и *транспортной РНК* [2]. На основе молекулярного анализа структур ядра клеток ученые-генетики получили экспериментальные установленные данные о структуре и свойствах *генов*. С их помощью было развито представление о *гене* как отрезке макромолекулы ДНК (заметим, что у некоторых вирусов *ген* является отрезком макромолекулы РНК), который определяет строение первичной структуры молекулы белка живого организма [3, 4]. Данное представление об единице *наследственности* – *гене* является на сегодня основой современной *генетики*.



Рис. 12. Схематический фрагмент молекулы ДНК, поясняющий роль нуклеотидов («перемычек») в наследственных отличиях организмов растительного и животного миров [2]

На рис. 13 в дополнение к рис. 5 и 12 показан увеличенный фрагмент спиралей молекулы ДНК [9].

Дальнейшим важным шагом в познании человеком функции *генов* было установление механизмов регуляции их работы. В 1961 году французские

ученые-генетики Ф. Жакоб и Ж. Моно выявили, что у микроорганизмов наряду со структурными генами, определяющими биосинтез ферментов, существуют участки ДНК, управляющие активностью этих структурных генов [3]. Эти участки ДНК и соответствующие им *гены* были названы регуляторными. Было выяснено, что *гены-регуляторы* занимаются кодированием белков-репрессоров. Последние могут «закрывать» или «открывать» операторные внутриклеточные участки. Именно после этого становится возможным соединение ферментов, ведущих синтез копий *генов* в виде *информационных РНК* (РНК-полимераз), с молекулами ДНК [3, 4]. Продвигаясь по *гену*, РНК-полимераза ведет копирование (считывание или транскрипцию) его генетической информации [3]. Следует обратить внимание читателя на то, что в нашем случае под генетической информацией следует рассматривать некоторую программу, при выполнении которой можно получить определенный биологический результат. Примечательно то, что все существующие формы земной жизни, в том числе, бактерии, грибы, растения и животные, имеют одни и те же основные биологические механизмы, предназначенные для копирования соответствующих макромолекул ДНК и синтеза белков. Вот какой удивительный биологический микромеханизм воспроизведения *генов* и соответственно ДНК открылся ученым-биологам!

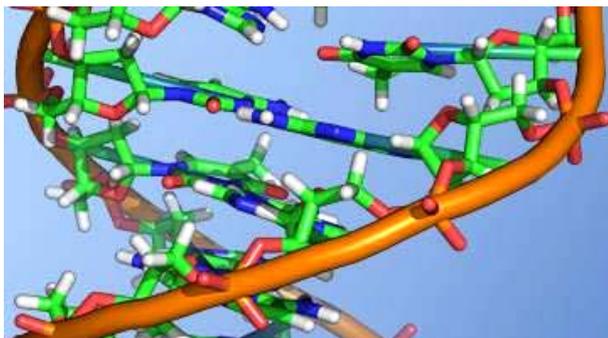


Рис. 13. Укрупненный фрагмент двойной спирали ДНК [9]

С 1961 года ученые-микробиологи всего мира приступили к расшифровке *генетического кода человека* [12]. Согласно данным молекулярной биологии основная программа химических процессов, происходящих на внутриклеточном уровне в любом живом организме (в том числе и в организме человека), записана в строгой последовательности ранее указанных нами пар азотистых оснований-*нуклеотидов* (поперечных «перемычек» или «ступенек» в двойной спирали ДНК, состоящих из пурино-пиримидиновых соединений *аденина* (А) с *тиминном* (Т) и *гуанина* (Г) с *цитозином* (Ц), изображенных на рис. 5, 12 и 13) биополимерной молекулы ДНК [2, 9]. Поэтому, если известна последовательность данных пар оснований-*нуклеотидов* в макромолекуле ДНК *хромосом* клетки тела любого организма, то она расскажет нам все о химических реакциях и наследственной информации данного вида биологического организма. На рис. 14 показана постадийная упаковка длинных макромолекул ДНК в *хромосомах* клеток живого организма [9].

Изучение хромосом у животных и растений привело ученых-биологов к выводу, что каждый вид жи-

вых существ характеризуется строго определенным числом *хромосом*. Деление материала *хромосом* на две равные части как нельзя лучше свидетельствовало в пользу гипотезы, что именно в *хромосомах* сосредоточена *генетическая память* живых организмов [2]. В развитие этой гипотезы микробиологами было введено новое понятие *геном*, происходящее от греческого слова «*genos*» – «*происхождение*» и обозначающее «*совокупность генов, содержащихся в одном (гаплоидном) наборе хромосом данной растительной или животной клетки*» [1, 9]. *Геном* человека – это *геном* биологического вида *Homo sapiens*. В ходе микробиологических исследований было установлено, что в нормальной ситуации в большинстве соматических клеток (клеток тела) человека должно присутствовать 46 *хромосом* (рис. 15) [9]. Заметим, что на рис. 15 хромосомы с 1-ой по 22-ую пару пронумерованы в порядке уменьшения их размера. Оказалось, что 44 из них (22 пары) не зависят от пола (аутосомные *хромосомы*), а одиночные X-*хромосома* и Y-*хромосома* определяют будущий пол организма (при оплодотворении образуемое из них в ядре женской яйцеклетки хромосомное соединение вида XY определяет мужской пол зародыша, а хромосомное соединение вида XX – женский пол зародыша) [5, 9].



Рис. 14. Последовательные стадии упаковки биополимерных молекул ДНК в хромосомах клеток организмов (начиная от двойной спирали и заканчивая целой хромосомой) [9]

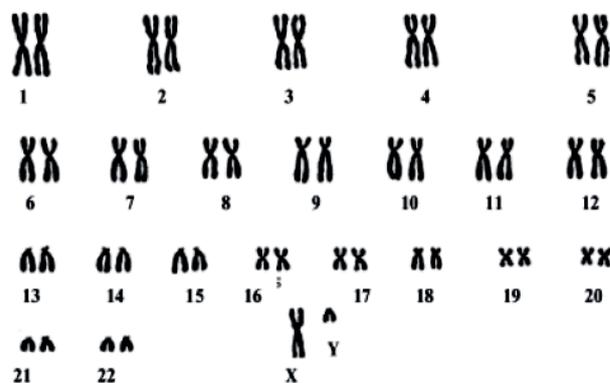


Рис. 15. Внешний вид под электронным микроскопом полного набора хромосом, содержащихся внутри ядра каждой отдельной клетки человека и определяющих его геном [9]

Хромосомные пары соматических клеток потомков человека содержат по одной копии хромосом с 1-ой по 22-ую от каждого своего родителя, а также

X-хромосому от матери и Y- или X-хромосому от отца (см. рис. 15). Отметим, что *хромосомный* набор человека был впервые описан лишь в 1956 году учеными-биологами Ю. Тио и А. Леваном [9]. Они же и определили количественный состав *хромосом* человека и дали их общую морфологическую характеристику. Интересно указать и то, что длины *хромосом* человека находятся в пределах от 1,5 до 10 мкм [2, 9]. Изучение строения (размера и формы) *хромосом* человека показало, что большинство из них по внешнему виду напоминают бегли, состоящие из двух толстых частей (хроматид) и тонкой перетяжки (центромеры) между ними (см. рис. 15) [9]. В рамках международного проекта «Геном человека» было установлено, что одинарный (гаплоидный) набор *хромосом* в соматической клетке тела человека в общей сложности содержит приблизительно 3,2 миллиарда пар азотистых оснований-*нуклеотидов* (поперечных «перемычек» или «ступенек») в двойной спирали биополимерной макромолекулы ДНК (см. рис. 12 и 13), образующих в сумме от 20 000 до 25 000 *генов*, кодирующих синтезируемый в клетке человека белок [2, 9]. Именно такое количество *генов* образует единичную ячейку – *геном* человека в наследственной основе биологического вида *Homo sapiens* [9]. Удивительным оказался тот факт, что число человеческих генов значительно меньше (разница более чем в 2 раза), чем у многих более простых организмов (например, у дождевого червя и мушки дрозофилы). Содержимое *хромосом*, находящихся в стадии интерфаза в клеточном ядре человека (в эухроматине), было выписано генетиками в виде последовательности определенных символов. Отметим, что сейчас эта генетическая последовательность активно и широко используется учеными в биомедицине и специалистами-микробиологами в лабораториях органов здравоохранения по всему миру.

4. Современные достижения в биологии и генетике живых организмов. Международный научно-исследовательский проект «Геном человека» (The Human Genome Project, HGP) начался в 1990 году под руководством выдающегося ученого-биолога современности, лауреата Нобелевской премии (1962 год) Джеймса Уотсона (см. рис. 3) под эгидой Национальной организации здравоохранения США [9]. Отметим, что по результатам данного проекта в 2000 году был выпущен рабочий черновик структуры *генома* человека, а результаты расшифровки полного *генома* человека были представлены научной общественности в 2003 году [9]. Требуется указать, что и на сегодня дополнительный микробиологический анализ некоторых участков ДНК, являющейся самой главной молекулой живой природы, для гаплоидного набора *хромосом* человека ещё не закончен. В ходе этих исследований выяснилось, что человеческий *геном* содержит значительно меньшее число *генов*, нежели ожидалось в начале данного большого биологического проекта (предполагалось, что *геном* человека должен содержать порядка 10^5 *генов*). Только для 1,5 % всего обработанного на современных мощных компьютерах [13] микробиологического материала удалось выяснить их биофункцию, остальная часть составляет пока так называемую «мусорную» ДНК [9]. Полученные уже данные по *геному* человека имеют очевидную фундаментальную

значимость. Ведь определение *генома* человека и структуры человеческих *генов* является важным шагом для разработки новых медикаментов и развития других аспектов мирового здравоохранения.

Небезынтересна для читателя та информация, которая касается физических параметров ДНК человека. Оказалось, что в клетках человека [9]: диаметр двойной спирали ДНК равен 2 нм (напомним, что один нанометр равен 10^{-9} м); расстояние между соседними парами *нуклеотидов*, состоящими из четырех ранее указанных нами азотистых оснований *аденина* (А) с *тиммином* (Т) и *гуанина* (Г) с *цитозином* (Ц) (поперечных «перемычек» или «ступенек» в двойной спирали ДНК), составляет 0,34 нм; один поворот двойной спирали ДНК состоит из 10 пар упомянутых выше оснований-*нуклеотидов*. Микробиологам удалось установить, что последовательность пар оснований-*нуклеотидов* в двойной спирали макромолекулы ДНК нерегулярна, но сами эти пары уложены в данной молекуле как в кристалле [9]. Это дало основание ученым-биологам характеризовать биополимерную молекулу ДНК как линейный аperiодический кристалл. Число отдельных макромолекул ДНК в клетке человека (рис. 16) равно числу *хромосом*, входящих в ее ядро. Следует заметить, что клетка – это сложная структурно-функциональная единица любого живого организма, способная к делению и обмену с окружающей средой. Самыми крупными клетками в организме человека являются яйцеклетка и нервная клетка, а самыми маленькими – лимфоциты крови [14].

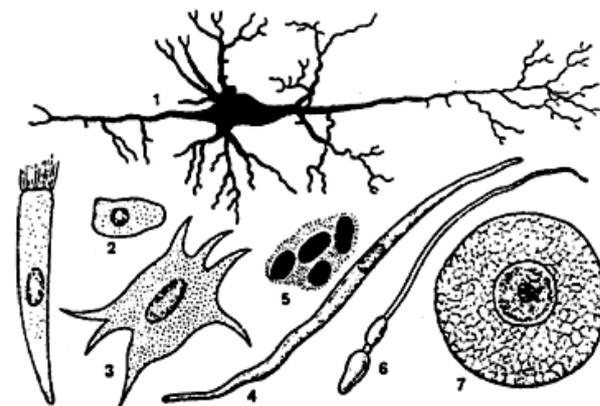


Рис. 16. Основные виды и формы клеток человека (1 – нервная; 2 – эпителиальная; 3 – соединительно-тканная; 4 – гладкая мышечная; 5 – эритроцит; 6 – сперматозоид; 7 – яйцеклетка) [14]

На рис. 17 приведено внутреннее ультрамикроскопическое строение клетки человека, представляющей собой сложную систему биополимеров. Она содержит [14]: клеточную оболочку – цитолемму (толщиной до 10 мкм), которая осуществляет транспорт необходимых веществ в клетку и обеспечивает ее взаимодействие с соседними клетками и межклеточным веществом; ядро, в котором происходит синтез белка и обеспечивается хранение генетической информации в виде ДНК (оно снаружи покрыто ядерной оболочкой, которая представлена внешней и внутренней мембранами); цитоплазму и находящиеся в ней разные органеллы. Длина такой свернутой макромолекулы ДНК в наибольшей по размеру *хромосоме* человека (см. рис. 14 и 15) составляет

около 80 мм. Следует подчеркнуть то обстоятельство, что подобных гигантских полимеров пока не выявлено ни в природе, ни среди искусственно синтезированных химических соединений [2, 9].

Строение клетки на рис. 17 представлено согласно научным данным М.Р. Сапина и Г.Л. Билич (1989 год) [14]. У человека длина всех макромолекул ДНК, содержащихся во всех хромосомах одной клетки, составляет примерно 2 м [9]. Так как организм взрослого человека состоит примерно из $5 \cdot 10^{13}$ клеток [14], то общая длина всех биополимерных молекул ДНК в его организме будет равна около 10^{14} м! Вот такой огромной суммарной длиной характеризуются молекулы ДНК всего лишь одного человека! При этом общее число *генов*, локализованных в гаплоидном (одинарном) наборе *хромосом* человека, составит примерно порядка 10^8 . Именно данная совокупность *генов* и составляет *генотип* человека [9]. Под размером *генома* человека обычно подразумевают общее содержание количества вещества ДНК в одинарном (гаплоидном) наборе *хромосом* ядра его соматической клетки. Необходимо указать, что большинство клеток нашего организма содержит двойной (диплоидный) набор совершенно одинаковых *хромосом*. В микробиологии измерения размера *генома* человека или иного организма проводятся в дальтонах, парах *нуклеотидов* (п. н.) или пикограммах (пг) [9]. Соотношения между этими биологическими единицами измерения *генома* следующие [9]: $1 \text{ пг} = 10^{-12} \text{ г} = 0,6 \cdot 10^{12} \text{ дальтон} = 0,9 \cdot 10^9 \text{ п. н.}$ Так как в гаплоидном *геноме* человека содержится до 3,2 миллиарда п. н., то они равны 3,5 пг ДНК.

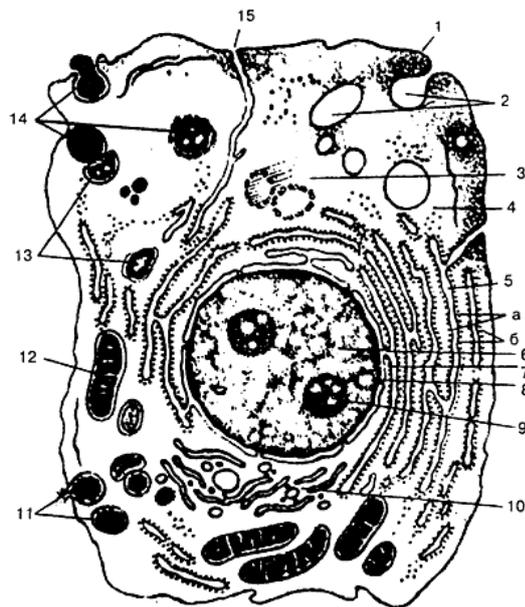


Рис. 17. Схема современного ультрамикроскопического строения клетки человека (1 – цитолемма (плазматическая мембрана); 2 – пиноцитозные пузырьки; 3 – центросома (клеточный цитоцентр); 4 – гиалоплазма; 5 – эндоплазматическая сеть (а – мембраны эндоплазматической сети, б – рибосомы); 6 – ядро; 7 – связь перинуклеарного пространства с полостями эндоплазматической сети; 8 – ядерные поры; 9 – ядрышко; 10 – внутриклеточный сетчатый аппарат (комплекс Гольджи); 11 – секреторные вакуоли; 12 – митохондрии; 13 – лизосомы; 14 – три последовательные стадии фагоцитоза; 15 – связь клеточной оболочки (цитолеммы) с мембранами эндоплазматической сети) [14]

Поэтому с учетом диплоидного (двойного) набора *хромосом* в клетке человека в ядре одной его клетки будет содержаться около 7 пг ДНК [9]. Тогда общее количество вещества $M_{\text{ДНК}}$ наследственного материала молекул ДНК в организме человека составит около $M_{\text{ДНК}} = 7 \cdot 10^{-12} \cdot 5 \cdot 10^{13} \text{ г} = 350 \text{ г}$. Если учесть, что средний вес клетки человека равен примерно 1000 пг [9, 14], то становится ясным, что генетический материал ее молекул ДНК составляет около 0,7 % от веса (массы) его клетки. В микробиологии считается, что для того, чтобы воспроизвести на персональном компьютере самым мелким шрифтом ту огромную информацию, которая содержится в молекулах ДНК *хромосом* только одной клетки человека, понадобилось бы тысяча книг по 1000 страниц в каждой! Просто удивительная вещь, не правда ли, уважаемый читатель!? Вот каким огромным по объему заложеной в нем биологической информации оказался полный размер *генома* человека. Нам не следует думать, что *геном* человека является наибольшим по размеру из всех существующих в природе. Так, у некоторых представителей фауны (например, у ящерицы саламандры) и флоры (например, у растения лилии) общая длина макромолекул ДНК, содержащихся в их одной клетке, в тридцать раз больше, чем у человека [9]. По имеющимся на сегодня данным, сами *гены* занимают не более 1,5 % от общей длины макромолекулы ДНК [9]. По авторитетному мнению известного американского ученого-биолога, профессора Джина Майерса, изучавшего в 2001 году с помощью компьютера порядок расположения в *хромосоме* человека миллионов фрагментов макромолекулы ДНК, содержащих азотистые основания-*нуклеотиды* (поперечные «перемычки» или «ступеньки» между спиралями этой молекулы «жизни»), следует, что [9]: «На молекулярном уровне мы восхитительно сложны! Архитектура жизни не может не поражать человека: система предельно сложна и в ней чувствуется разумный замысел!». Кроме того, высказывания других ученых-биологов, изучавших *геном* человека, также предполагают, что «*геном* человека является продуктом творения» [2, 9].

Кстати, всемирно известный испанский художник Сальвадор Дали после выдающегося научного события в биологии, произошедшего во второй половине 20-го столетия г. Кембридже (Англия) – открытия Дж. Уотсоном и Ф. Криком двойной спирали ДНК, в приподнятом настроении также сказал, что «это для него явилось доказательством существования Бога!» [9].

Среди других современных достижений в области биологии и генетики отметим следующие [9]:

- В 1972 году в микробиологической лаборатории профессора Пола Берга были получены первые рекомбинантные ДНК (Нобелевская премия по химии за 1980 год, врученная П. Бергу и Г. Бойеру). Этими биологическими исследованиями были заложены научно-технические основы генной инженерии.

- В 1976 году было совершено открытие у животных (на примере дрозофилы) «прыгающих генов», сделанное Д. Хогнессом (США) и российскими учеными во главе с Г.П. Георгиевым и В.А. Гвоздевым.

- В 1989 году Т.Р. Чех и С. Альтман выполнили открытие «каталитических свойств некоторых природных РНК (рибозимов)» и получили Нобелевскую премию по химии.

• В 1992 году Э. Кребсу и Э. Фишеру была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине за открытие «обратимого фосфорилирования белков как важного регулирующего механизма клеточно-метаболизма».

• В 1997 году Нобелевская премия по физиологии и медицине была присуждена американцу С. Прузинеру за вклад в изучение «болезнетворного агента белковой природы – приона, вызывающего губчатую энцефалопатию или «коровье бешенство» у крупного рогатого скота».

• В 1999 году Роберт Фурчготт, Луис Игнаро и Ферид Мурад получили Нобелевскую премию по химии за открытие «роли оксида азота в качестве сигнальной молекулы или регулятора и переносчика сигналов в сердечно-сосудистой системе человека».

• В 2000 году была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине А. Карлссону, П. Грингарду и Э. Кенделу за открытие, касающееся «передачи сигналов в нервной системе человека».

• В 2001 году Нобелевская премия по физиологии и медицине была присуждена Л. Хартвеллу, Т. Ханту и П. Нерсу за открытие «ключевых регуляторов клеточного цикла».

• В 2002 году Нобелевская премия по физиологии и медицине была присуждена С. Бреннеру, Р. Хорвиту и Дж. Салстону за их открытия в области «генетического регулирования развития органов и запрограммированной клеточной смерти у человека».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большой иллюстрированный словарь иностранных слов. – М.: Русские словари, 2004. – 957 с.
2. http://vse-pro-geny.com/ru_osnovy-genetyky.html.
3. <http://bibliotekar.ru/624-2/18.htm>.
4. <http://www.bestreferat.ru/referat-5562.html>.
5. Алиханян С.И., Акифьев А.П., Чернин Л.С. Общая генетика: Учебник. – М.: Высшая школа, 1985. – 356 с.
6. Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 23: Изобретение микроскопа и изучение микромира // *Электротехника і електромеханіка*. – 2014. – №6. – С. 3-16.
7. Скляренко В.М., Сядро В.В. Открытия и изобретения. – Х.: Веста, 2009. – 144 с.
8. Храмов Ю.А. История физики. – К.: Феникс, 2006. – 1176 с.
9. http://www.buology.narod2.ru/Genom_cheloveka.
10. Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике: Монография в 2-х томах. Том 1. – Х.: Изд-во "НТМТ", 2011. – 311 с.
11. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Лысенковщина>.
12. <http://elementy.ru/trefil/21149>.
13. Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 20: Изобретение компьютера и информационной сети Интернет // *Электротехника і електромеханіка*. – 2014. – №3. – С. 3-15.
14. <http://botan0.ru/?cat=1&id=2>.

REFERENCES

1. *Bol'shoj illjustrirovannyj slovar' inostrannyh slov* [Large illustrated dictionary of foreign words]. Moscow, Russkie slovari Publ., 2004. 957 p. (Rus).
2. Available at: http://vse-pro-geny.com/ru_osnovy-genetyky.html (accessed 10 April 2012).
3. Available at: <http://bibliotekar.ru/624-2/18.htm> (accessed 14 August 2012).
4. Available at: <http://www.bestreferat.ru/referat-5562.html> (accessed 20 September 2011).

5. Alikhanian S.I., Akifyev A.P., Chernin L.S. *Obshhaja genetika: Uchebnik* [General Genetics: Textbook]. Moscow, Higher School Publ, 1985. 356 p. (Rus).

6. Baranov M.I. An anthology of the distinguished achievements in a science and technique. Part 23: Invention of microscope and study of microscopic world. *Elektrotehnika i elektromekhanika – Electrical engineering & electromechanics*, 2014, no.6, pp. 3-16.

7. Skljarenko V.M., Sjadro V.V. *Otkrytija i izobretenija* [Discoveries and inventions]. Kharkov, Vesta Publ., 2009. 144 p.

8. Hramov Ju.A. *Istorija fiziki* [The history of physics]. Kiev, Feniks Publ., 2006. 1176 p.

9. Available at: http://www.buology.narod2.ru/Genom_cheloveka (accessed 23 March 2012).

10. Baranov M.I. *Antologija vydaiushchikhsia dostizhenii v nauke i tekhnike: Monografiia v 2-kh tomakh. Tom 1.* [An anthology of outstanding achievements in science and technology: Monographs in 2 vols. Vol.1]. Kharkov, NTMT Publ., 2011. 311 p.

11. Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Lysenkovshhina> (accessed 11 April 2012).

12. Available at: <http://elementy.ru/trefil/21149> (accessed 07 April 2012).

13. Baranov M.I. An anthology of outstanding achievements in science and technology. Part 20: Invention of computer and the Internet information network. *Elektrotehnika i elektromekhanika – Electrical engineering & electromechanics*, 2014, no.3, pp. 3-15.

14. Available at: <http://botan0.ru/?cat=1&id=2> (accessed 11 May 2011).

Поступила (received) 05.10.2012

Баранов Михаил Иванович, д.т.н., гл.н.с.,
НИПКИ "Молния"
Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт",
61013, Харьков, ул. Шевченко, 47,
тел/phone +38 057 7076841, e-mail: eft@kpi.kharkov.ua

M.I. Baranov
Scientific-&-Research Planning-&-Design Institute "Molniya"
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
47, Shevchenko Str., Kharkiv, 61013, Ukraine.

An anthology of the distinguished achievements in science and technique. Part 25: Openings in biology and genetics of living organisms.

Purpose. Formulation in the compressed type of basic scientifically-historical information, touching the topics for all of humanity and biological science – geneticists taking into account the known for today scientific achievements on the way of its evolutionary development is presented. **Methodology.** Scientific methods of receipt and systematization of knowledges. Methods of historical method at becoming and development of biological science and genetics. **Results.** Short history of origin and becoming of classic genetics is described. The portraits of row of domestic and foreign scientists, bringing in a prominent contribution to development of genetics as sciences are presented. Short general biological bases of heredity are given for living organisms. Information is resulted about basic modern fundamental achievements and scientific openings of humanity in area of biology and genetics of living organisms. **Originality.** First by a scientist-electro-physicist for the wide circle of readers the simple and clear appearance is expounding short basic scientific information about genes, genome and difficult mechanisms of transmission in the animal (vegetable) kingdom of the inherited information. **Practical value.** System built scientific popularization of existent knowledges of humanity in area of such section of biological science as genetics and expansion for the large number of people of scientific range of interests about outward us things and flowings in its difficult biological processes. References 14, figures 17.

Key words: history, scientific openings, biology, genetics.