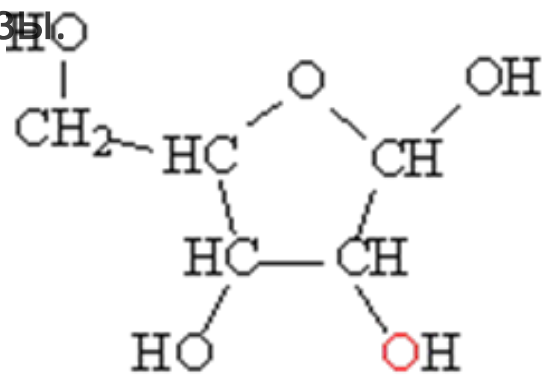


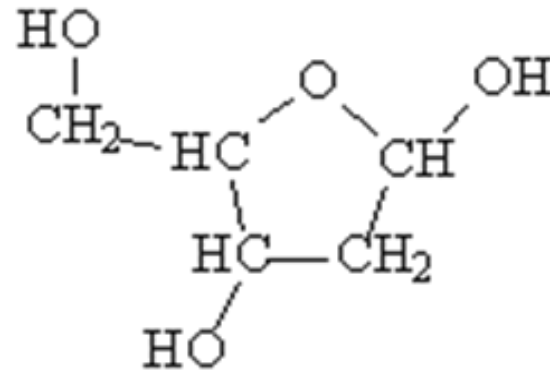
НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ – биологические полимерные молекулы, хранящие всю информацию об отдельном живом организме, определяющие его рост и развитие, а также наследственные признаки, передаваемые следующему поколению. Нуклеиновые кислоты есть в ядрах клеток всех растительных и животных организмов

СОСТАВ ПОЛИМЕРНОЙ ЦЕПИ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ.

Полимерная цепь нуклеиновых кислот собрана из фрагментов фосфорной кислоты H_3PO_3 и фрагментов гетероциклических молекул, представляющих собой производные фурана. Есть лишь два вида нуклеиновых кислот, каждая построена на основе одного из двух типов таких гетероциклов – рибозы или дезоксирибозы.



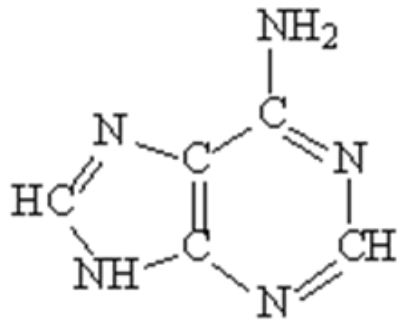
Рибоза



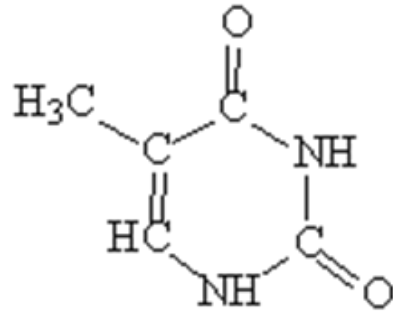
Дезоксирибоза

СТРУКТУРА ДНК.

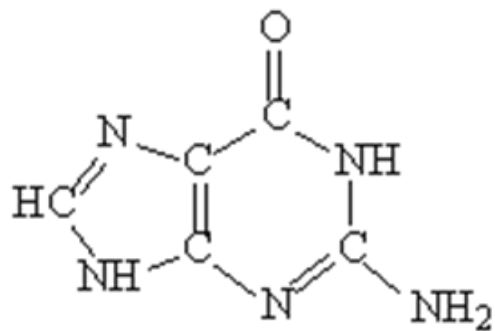
В образовании ДНК участвуют четыре типа таких соединений, два из них представляют собой шестичленные циклы, а два – конденсированные циклы, где шестичленное кольцо спаяно с пятичленным



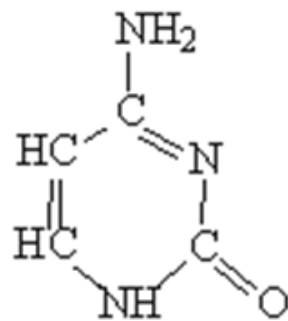
Аденин



Тимин



Гуанин



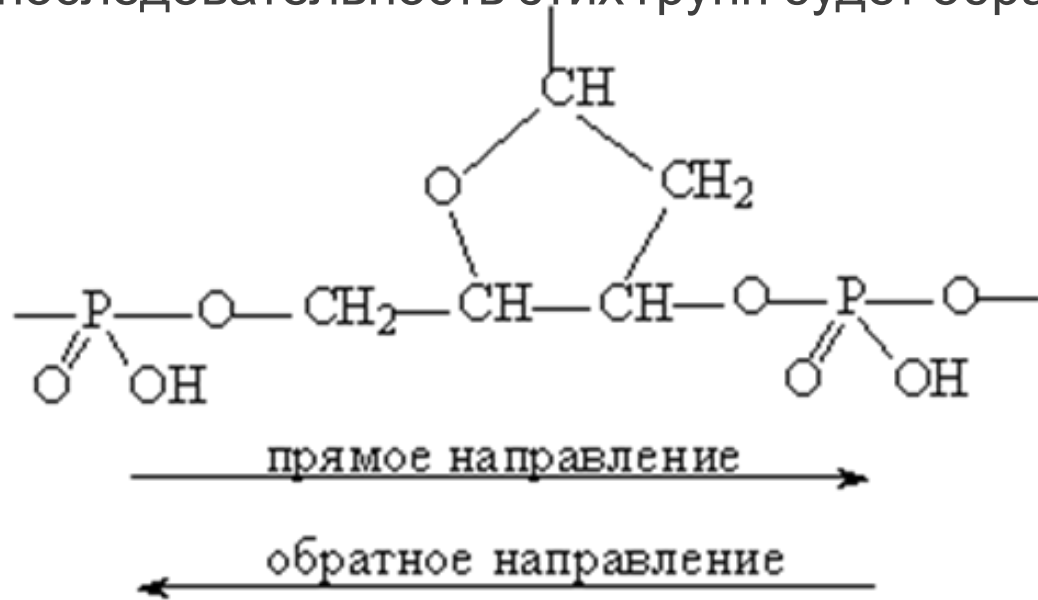
Цитозин

На втором этапе сборки к свободным группам ОН дезоксирибозы присоединяются показанные выше азотсодержащие гетероциклические соединения, образуя у полимерной цепи боковые подвески

Присоединенные к полимерной цепи молекулы аденина, тимина, гуанина и цитозина обозначают первыми буквами названий исходных соединений, то есть, А, Т, Г и Ц.

Сама полимерная цепь ДНК имеет определенную направленность – при мысленном продвижении вдоль молекулы в прямом и обратном направлении одни и те же группировки, входящие в состав цепи, встречаются на пути в разной последовательности.

При движении в одном направлении от одного атома фосфора к другому вначале на пути следования идет группа CH_2 , а затем две группы CH (атомы кислорода можно не принимать во внимание), при движении в противоположном направлении последовательность этих групп будет обратной



При описании того, в каком порядке чередуются присоединенные гетероциклы, принято использовать прямое направление, то есть от группы CH_2 к группам CH . Само понятие «направление цепи» помогает понять то, как располагаются две цепи ДНК при их объединении, а также имеет прямое отношение к синтезу белка.

На следующей стадии две молекулы ДНК объединяются, располагаясь таким образом, чтобы начало и концы цепей были направлены в противоположные стороны. В этом случае гетероциклы двух цепей обращены навстречу друг другу и оказываются расположенными неким оптимальным образом, имеется в виду, что между парами группировок C=O и NH₂, а также между εN и NH=, входящими в состав гетероциклов, возникают водородные связи

Водородные связи заметно слабее обычных валентных связей, но из-за большого их количества вдоль всей полимерной молекулы соединение двух цепей становится достаточно прочным. В молекуле ДНК содержится десятки тысяч групп **А**, **Т**, **Г** и **Ц** и порядок их чередования в пределах одной полимерной молекулы может быть различным, например, на определенном участке цепи последовательность может иметь вид: -**А-А-Т-Г-Ц-Г-А-Т**-. Поскольку взаимодействующие группы строго определены, то на противоположном участке второй полимерной молекулы обязательно будет последовательность -**Т-Т-А-Ц-Г-Ц-Т-А**-.

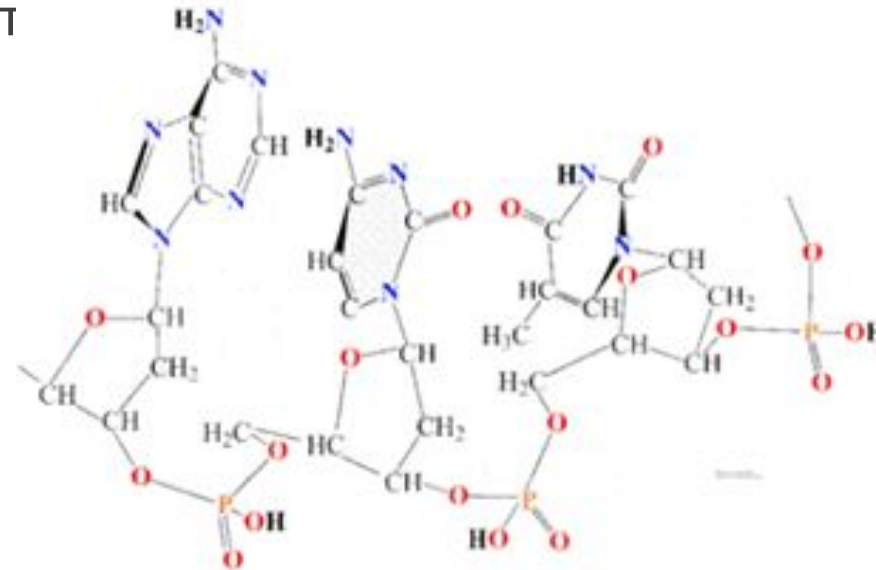
Таким образом, зная порядок расположения гетероциклов в одной цепи, можно указать их размещение в другой цепи. Из этого соответствия следует, что суммарно в сдвоенной молекуле ДНК количество групп **А** равно количеству групп **Т**, а количество групп **Г** – количеству **Ц** (правило Э.Чаргаффа).

Две молекулы ДНК, связанные водородными связями, в виде двух плоско лежащих цепей, однако в действительности они располагаются иным образом.

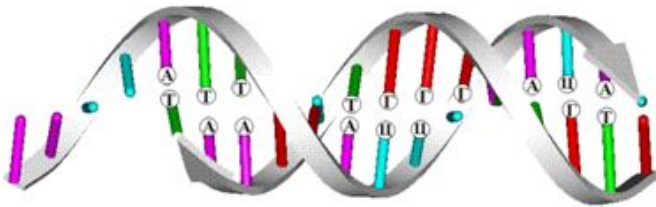
Истинное направление в пространстве всех связей, определяемое валентными углами и стягивающими водородными взаимодействиями, приводит к определенному изгибам полимерных цепей и повороту плоскости гетероциклов.

Гораздо точнее всю пространственную конструкцию можно передать только с помощью объемных моделей. При этом возникает сложная картина, поэтому принято использовать упрощенные изображения, которые особенно широко применяют при изображении структуры нуклеиновых кислот или белков. В случае нуклеиновых кислот полимерные цепи изображают в форме плоских лент, а гетероциклические группировки А, Т, Г и Ц – в виде боковых стержней или простых валентных штрихов, имеющих различные цвет

буквенные обозначения соответствующих гетероциклов.



Во время поворота всей конструкции вокруг вертикальной оси отчетливо видна спиральная форма двух полимерных молекул, которые как бы навиты на поверхность цилиндра, это широко известная двойная спираль ДНК.



При таком упрощенном изображении не исчезает основная информация – порядок чередования группировки А, Т, Г и Ц, определяющий индивидуальность каждого живого организма, вся информация записана четырехбуквенным кодом.

Строение полимерной цепи и обязательное присутствие четырех типов гетероциклов однотипно для всех представителей живого мира. У всех животных и высших растений количество пар А – Т всегда несколько больше, чем пар Г – Ц. Отличие ДНК млекопитающих от ДНК растений в том, что у млекопитающих пара А – Т на всем протяжении цепи встречается ненамного чаще (приблизительно в 1,2 раза), чем пара Г – Ц. В случае растений предпочтительность первой пары гораздо более заметна (приблизительно в 1,6 раза).

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДНК.

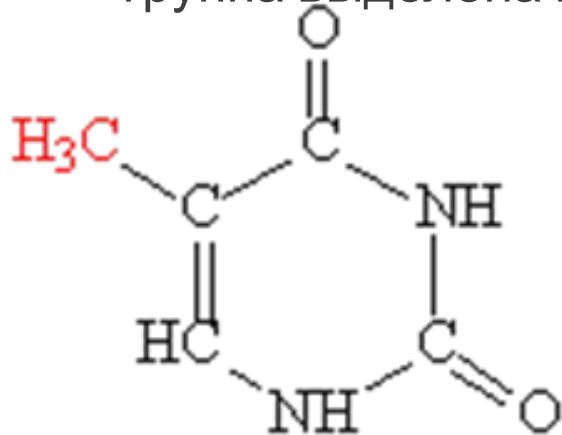
В воде ДНК образует вязкие растворы, при нагревании таких растворов до 60°C или при действии щелочей двойная спираль распадается на две составляющие цепи, которые вновь могут объединиться, если вернуться к исходным условиям. В слабокислых условиях происходит гидролиз, в результате частично расщепляются фрагменты $-\text{P}-\text{O}-\text{CH}_2-$ с образованием фрагментов $-\text{P}-\text{OH}$ и $\text{HO}-\text{CH}_2$, соответственно результате образуются мономерные, димерные (сдвоенные) или тримерные (утроенные) кислоты, представляющие собой звенья, из которых была собрана цепь ДНК

Более глубокий гидролиз позволяет отделить участки дезоксирибозы от фосфорной кислоты, а также группировку Г от дезоксирибозы, т.е., более детально разобрать молекулу ДНК на составляющие компоненты. При действии сильных кислот (помимо распада фрагментов $-P(O)-O-CH_2-$) отщепляются и группировки А и Г.

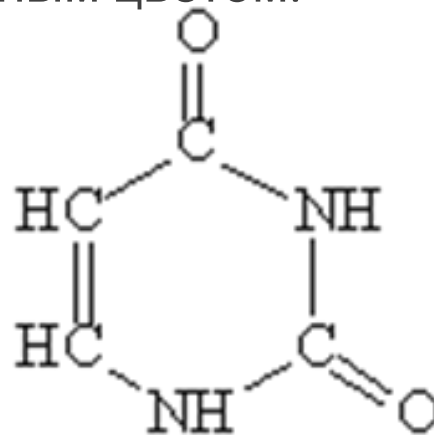
Действие иных реагентов (например, гидразина) позволяет отделить группировки Т и Ц. Более деликатное расщепление ДНК на компоненты проводят с помощью биологического препарата – дезоксирибонуклеазы, выделяемой из поджелудочной железы (окончание -аза всегда указывает на то, что данное вещество представляет собой катализатор биологического происхождения – фермент). Начальная часть названия – дезоксирибонуклеаза – указывает, какое именно соединение расщепляет этот фермент. Все указанные способы расщепления ДНК ориентированы, в первую очередь, на детальный анализ ее состава.

СТРУКТУРА РНК

во многом напоминает ДНК, отличие в том, что в основной цепи фрагменты фосфорной кислоты чередуются с рибозой, а не с дезоксирибозой. Второе отличие – к боковому обрамлению присоединяется гетероцикл урацил (У) вместо тимина (Т), остальные гетероциклы А, Г и Ц те же, что у ДНК. Урацил отличается от тимина отсутствием метильной группы, присоединенной к циклу, на рисунке эта метильная группа выделена красным цветом.



Тимин

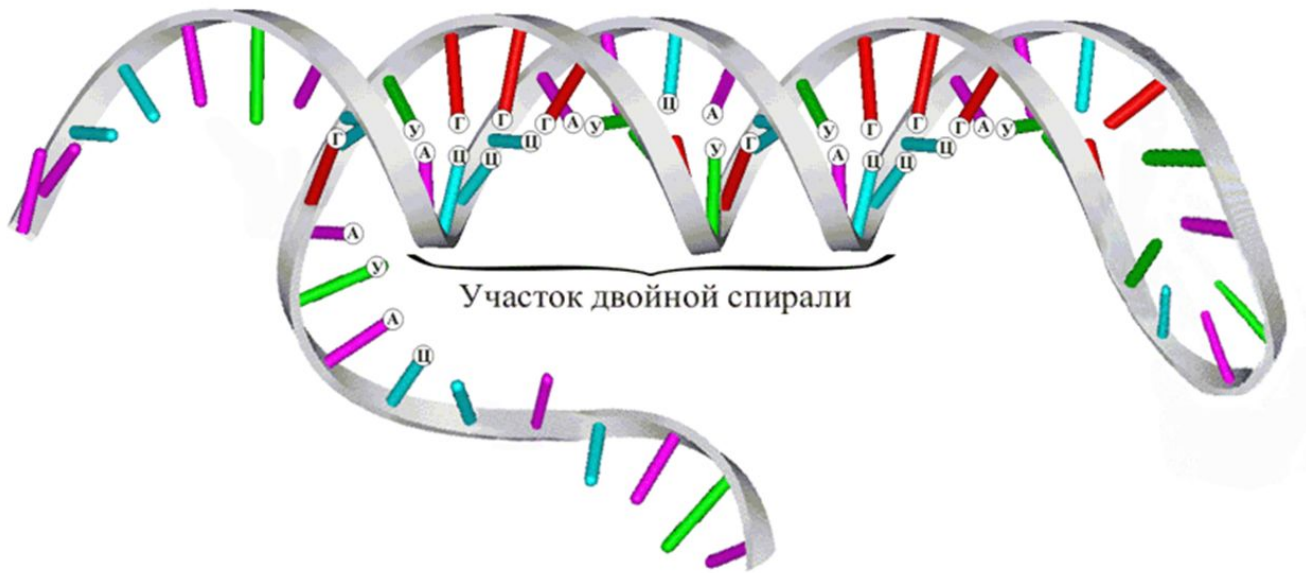


Урацил

ОТЛИЧИЕ ТИМИНА ОТ УРАЦИЛА – отсутствие у второго соединения метильной группы, выделенной в тимине красным цветом.

Основное отличие от ДНК – наличие группировок ОН в рибозе и фрагмента урацила.

Полимерная цепь РНК приблизительно в десять раз короче, чем у ДНК. Дополнительное отличие в том, что молекулы РНК не объединяются в двойные спирали, состоящие из двух молекул, а обычно существуют в виде одиночной молекулы, которая на некоторых участках может образовывать сама с собой двухцепные спиральные фрагменты, чередующиеся с линейными участками. На спиральных участках взаимодействие пар соблюдается также строго, как в ДНК. Пары, связанные водородными связями и формирующие спираль (А-У и Г-Ц), возникают на тех участках, где расположение групп оказывается благоприятным для такого взаимодействия (рис. 12).



Для подавляющего большинства живых организмов количественное содержание пар А-У больше чем Г-Ц, у млекопитающих в 1,5–1,6 раза, у растений – в 1,2 раза. Существует несколько типов РНК, роли, которых в живом организме различны.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РНК

напоминают свойства ДНК, однако наличие дополнительных групп ОН в рибозе и меньшее (в сравнении с ДНК) содержание стабилизированных спиральных участков делает молекулы РНК химически более уязвимыми. При действии кислот или щелочей основные фрагменты полимерной цепи P(O)-O-CH₂ легко гидролизуются, группировки А, У, Г и Ц отщепляются легче. Если нужно получить мономерные фрагменты (подобные тем, что на рис. 9), сохранив при этом химически связанные гетероциклы, используют деликатно действующие ферменты, называемые рибонкулеазами.

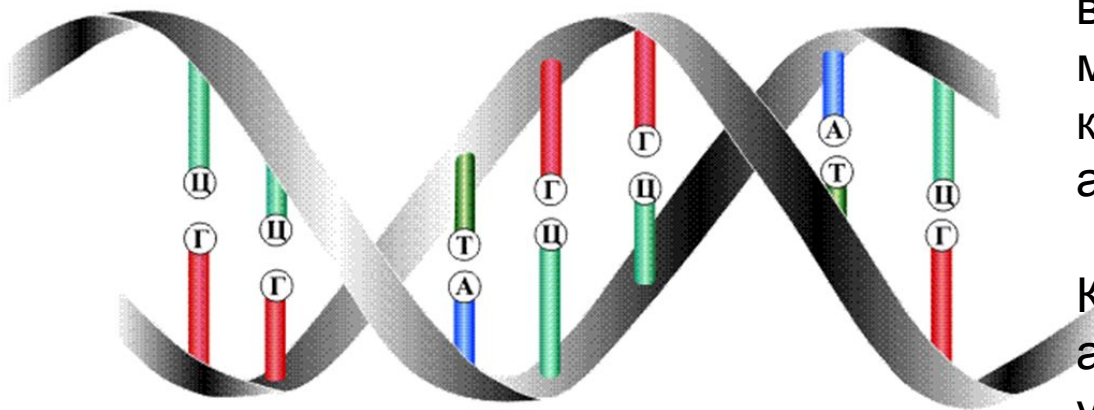
УЧАСТИЕ ДНК И РНК В СИНТЕЗЕ БЕЛКОВ

– одна из основных функций нуклеиновых кислот. Белки – важнейшие компоненты каждого живого организма. Мышцы, внутренние органы, костная ткань, кожный и волосяной покров млекопитающих состоят из белков. Это полимерные соединения, которые собираются в живом организме из различных аминокислот. В такой сборке управляющую роль играют нуклеиновые кислоты, процесс проходит в две стадии, причем на каждой из них определяющий фактор – взаимориентация азотсодержащих гетероциклов ДНК и РНК.

Основная задача ДНК – хранить записанную информацию и предоставлять в тот момент, когда начинается синтез белков. В связи с этим понятна повышенная химическая устойчивость ДНК в сравнении с РНК. Природа позаботилась о том, чтобы сохранить по возможности основную информацию неприкосновенной.

На первой стадии часть двойной спирали раскрывается, освободившиеся ветви расходятся, и на группах А, Т, Г и Ц, оказавшихся доступными, начинается синтез РНК, называемой матричной РНК, поскольку она как копия с матрицы точно воспроизводит информацию, записанную на раскрывшемся участке ДНК.

Напротив группы А, принадлежащей молекуле ДНК, располагается фрагмент будущей матричной РНК, содержащий группу У, все остальные группы располагаются друг напротив друга в точном соответствии с тем, как это происходит при образовании двойной спирали ДНК (рис. 13).



На втором этапе матричная ДНК перемещается из ядра клетки в околоядерное пространство – цитоплазму. К полученной матричной РНК подходят так называемые транспортные РНК, которые несут с собой (транспортируют) различные аминокислоты.

Каждая транспортная РНК, нагруженная определенной аминокислотой, приближается к строго обусловленному участку матричной РНК, нужное место обнаруживается с помощью все того же принципа взаимосоответствия групп А-У, и Г-Ц. В конечном итоге две аминокислоты, оказавшиеся рядом, взаимодействуют между собой, так начинается сборка будущей белковой молекулы

Важная деталь состоит в том, что временное взаимодействие матричной и транспортной РНК проходит всего по трем группам, например, к триаде Ц-Ц-У матричной кислоты может подойти только соответствующая ей тройка Г-Г-А транспортной РНК, которая непременно несет с собой аминокислоту глицин.

Точно также к триаде Г-А-У может приблизиться лишь набор Ц-У-А, транспортирующий только аминокислоту лейцин.

Таким образом, последовательность групп в матричной РНК указывает, в каком порядке должны соединяться аминокислоты. Кроме того, система содержит в закодированном виде дополнительные регулирующие правила, некоторые последовательности из трех групп матричной РНК указывают на то, что в этом месте синтез белка должен остановиться, т.е. молекула достигла необходимой длины.

В процессе жизнедеятельности белки постоянно расходуются, и потому они регулярно воспроизводятся по описанной схеме, весь синтез белковой молекулы, состоящей из сотен аминокислот, проходит в живом организме приблизительно в течение одной минуты.

Первые исследования нуклеиновых кислот были проведены во второй половине 19 в., понимание того, что в ДНК зашифрована вся информация о живом организме, пришло в середине 20 в., структуру двойной спирали ДНК установили в 1953 [Дж. Уотсон](#) и [Ф.Крик](#) на основании данных рентгеноструктурного анализа, что признано крупнейшим научным достижением 20 столетия. В середине 70-х годов 20 в. появились методики расшифровки детальной структуры нуклеиновых кислот, а вслед за тем были разработаны способы их направленного синтеза. Сегодня ясно далеко не все процессы, происходящие в живых организмах с участием нуклеиновых кислот, и сегодня это одна из самых интенсивно развивающихся областей науки.