



НАУЧПОП ДЛЯ ВСЕХ

ТВОЯ ЖИЗНЬ ДО РОЖДЕНИЯ:

ТАЙНЫ ЭВОЛЮЦИИ
ЧЕЛОВЕКА

АНДРЕЙ
САЗОНОВ

Научпоп для всех

Андрей Сазонов

**Твоя жизнь до рождения:
тайны эволюции человека**

«Издательство АСТ»

УДК 579.22
ББК 28.4

Сазонов А.

Твоя жизнь до рождения: тайны эволюции человека /
А. Сазонов — «Издательство АСТ», 202 — (Научпоп для всех)

ISBN 978-5-17-119902-9

Перед вами честный, правдивый и очень интересный рассказ о начале вашей жизни, от момента зачатия до того этапа, когда зародыш приобретает внешний вид, сходный со взрослым организмом, и способность к обитанию в видоспецифической среде. Оказывается, то, что вы раньше считали началом жизни, было совсем не началом ее, а всего лишь продолжением... И каких бы успехов в развитии вы ни достигли во время этого самого продолжения, вам никогда не превзойти себя маленького, сумевшего развиться из одной малюсенькой клетки в такой грандиозный, суперзамечательный и совершенный во всех отношениях организм.

УДК 579.22
ББК 28.4

ISBN 978-5-17-119902-9

© Сазонов А., 202
© Издательство АСТ, 202

Содержание

Предисловие, или Краткий курс генетики	6
Две недели, которых не было, или Что было до того, как все началось	17
Часть первая. Эмбриональный период	26
Конец ознакомительного фрагмента.	27

Андрей Сазонов
Твоя жизнь до рождения:
тайны эволюции человека

© Сазонов А.

© ООО «Издательство АСТ»

* * *

«Реформа календаря не сокращает срок беременности»
Станислав Ежи Лец

Эмбриологией называется наука, изучающая внутриутробное развитие организма.

Предисловие, или Краткий курс генетики

*«Генетики и политики знают наперед, что должно получиться в результате, но всякий раз результаты их удивляют»
Из приписываемого Конфуцию*

Рука, качающая колыбель, как известно, правит миром.

А вот теми, кто находится в колыбели, да и вообще всеми живыми организмами, управляют программы, заложенные в их генах. Было бы неправильным начинать знакомство с эмбриональным развитием человека в обход генетики. Начинать нужно с азов, так и понятнее будет, и прочитанное запомнится лучше.

Вот вам вопрос – что такое ген?

Попробуйте ответить самостоятельно, без подсказок. Не стесняйтесь, говорите все, что на ум придет, все равно кроме вас этого ответа никто не услышит. Только отвечайте конкретно, емко, не растекаясь мыслью по древу...

Один из вариантов правильного ответа будет таким: ген – это участок молекулы ДНК, в котором закодирован один признак организма.

Каждый ген обеспечивает наличие какого-то отдельного признака. Например – рыжих волос или голубых глаз. С химической точки зрения, один ген отвечает за выработку одного белка. Мы, если кто не в курсе, являемся представителями белковой формы жизни и все наши признаки обусловлены теми или иными белками.¹

Сразу же напрашивается другой вопрос – а что такое ДНК? Все знают, что она содержится в слюне, волосах и крови, потому что именно эти субстанции чаще всего используют эксперты в сериалах. А журналисты любят писать страшилки о злодеях, которые вставляют в ДНК кукурузы гены тюленей и жирафов для того, чтобы получить высокоурожайные сорта... А потом у тех, кто ест такую кукурузу, шеи удлиняются и руки в плавники превращаются.

Если серьезно, то дезоксирибонуклеиновая кислота (так расшифровывается аббревиатура ДНК) – это хранитель наследственной информации живых организмов. Молекулы ДНК состоят из повторяющихся блоков, которые называются «нуклеотидами». Сочетания четырех видов нуклеотидов (да – всего четырех!) кодируют всю биологическую информацию об организме. Признаков у организмов много, поэтому число нуклеотидов в молекуле ДНК может достигать до нескольких сотен миллионов. Да и самих молекул тоже много, например у нас с вами их шестнадцать.

Двух полностью схожих молекул ДНК в природе не существует, за исключением ДНК клонированных организмов. На этой уникальной индивидуальности основаны генетическая криминалистика и судебно-медицинская генетика – любого человека можно со стопроцентной точностью идентифицировать по его ДНК.

Молекулы ДНК обладают способностью к самовоспроизведению. Без этого никак, ведь клетки размножаются делением надвое, и каждая дочерняя клетка непременно должна получить от материнской клетки полную копию наследственной информации. Так что перед делением нужно удвоить число носителей этой информации – молекул ДНК.

В наших клетках молекулы ДНК хранятся в виде хромосом, структур, состоящих из одной молекулы ДНК и молекул других веществ, которые играют вспомогательную роль. Простоты ради можно считать хромосому молекулой ДНК. Число хромосом для каждого биоло-

¹ Информация, изложенная в этой главе, предельно упрощена. Если вам хочется более основательного знакомства с генетикой, то можете прочесть книгу Андрея Шляхова «Генетика для начинающих» (Издательство АСТ, 2019 год, серия «Наука на пальцах»).

гического вида является строго определенным. У человека их сорок шесть. Эти сорок шесть хромосом разбиты на двадцать три пары. Парные хромосомы имеют примерно равные размеры и кодируют одни и те же признаки. По-научному они называются «гомологичными хромосомами». В каждой паре одна хромосома получена от отца, а другая – от матери, и потому любой организм чем-то похож на отца, а чем-то на мать.

Хромосомы собраны в структуры, называемые «клеточными ядрами». Ядро можно сравнить с чемоданом, в который плотно, одна к другой, уложены хромосомы. У многих одноклеточных организмов нет ядер, их хромосомы находятся в клетке порознь, а не вместе.

Одна пара хромосом определяет пол организма. Половых хромосом две – X и Y. Они получили обозначение по сходству с соответствующими буквами алфавита. Сочетание X с Y дает мужской пол, а сочетание X с X – женский. Поскольку в мужском хромосомном наборе содержатся две разные половые хромосомы (XY), а в женском – две одинаковые (XX), сперматозоиды могут иметь разные половые хромосомы – X или Y, а яйцеклетки – только X-хромосому. Таким образом, за пол ребенка «отвечает» отец, от которого яйцеклетка матери может получить разные половые хромосомы.²

Одни и те же гены, то есть гены, отвечающие за развитие одного признака, могут подавлять друг друга. Можно сказать, что гены обладают определенной силой, правда генетики вместо слова «сила» употребляют слово «экспрессия». На самом же деле речь идет не о каких-то сражениях между парными генами, а о том, какой из них (в случае, если они разные) выбирается в качестве матрицы для синтеза белка. Выбранный ген «работает», то есть – определяет признак, потому-то и говорят о подавлении одного гена другим. На самом деле гены тут ни при чем, выбор делают молекулы белков и ферментов, считывающие информацию с молекул ДНК. И пусть вас не удивляет участие в этом процессе ферментов, которые обычно выступают в роли ускорителей химических реакций и веществ, участвующих в переваривании пищи. Ферменты также умеют собирать молекулы ДНК из кирпичиков-нуклеотидов, умеют опознавать нужные участки молекул, умеют вырезать фрагменты из молекул и много еще чего они умеют.

Того гена, который остался в стороне, вроде бы и не существует, он никак себя не проявляет, но он присутствует в хромосоме и имеет шанс проявить свое действие в будущих поколениях. Вот как это происходит. Ребенок наследует от каждого из родителей по одному гену, кодирующему тот или иной признак. Каким именно будет данный конкретный признак у ребенка (например – карие отцовские или голубые материнские глаза), зависит от того, какой ген в паре окажется сильнее и подавит своего «напарника». Ген карих глаз подавляет ген голубых глаз. Если у отца глаза карие, а у матери – голубые, то у ребенка будут карие глаза. Но при этом в его генетическом наборе будет присутствовать ген голубых глаз, полученный от матери. И если у этого ребенка впоследствии будет кареглазая партнерша, дочь голубоглазого отца и кареглазой матери (или наоборот, это не важно), то у них, кареглазых родителей, будет вероятность рождения голубоглазого ребенка в том случае, если в паре сойдутся два гена голубых глаз. Такие «парадоксы» происходят нередко. Кстати, по-научному, «сильный» признак (а также определяющий его ген) называются «доминантным», а «слабый» – «рецессивным».

Внутриутробное развитие организма представляет собой длинную череду состязаний между парными генами. При закладке каждого признака решается вопрос «с какого из генов считывать информацию для синтеза белка?». Выбор гена из пары определяется свойствами гена, а не индивидуальными особенностями организма – сильный ген всегда и везде подавляет своего слабого напарника.

В хромосомах постоянно происходят мутации. Так называются изменения генетического кода, приводящие к изменению наследственной информации. Например, выпадет из молекулы

² Половых хромосом может быть и больше одной пары. Так, например, утконос имеет пять пар половых хромосом. Мужской пол у утконоса задается комбинацией XYXYXYXYXY, а женский XXXXXXXXXX.

ДНК один нуклеотид или же, наоборот, – вставится дополнительный. А может выпасть или вставиться целый блок, состоящий из множества нуклеотидов. Длиннющие молекулы ДНК постоянно рвутся, и в клетке существуют механизмы восстановления их целостности, «сшивания» фрагментов. Во время этого сшивания могут происходить ошибки. А еще бывает и так, что отдельный участок молекулы ДНК вдруг скопируется, и эта копия вставится в молекулу где-то рядом... Короче говоря, вариантов мутаций множество, а следствие всегда одно – изменение генетической информации. Кекс-фекс-пекс-мутабор – и ген голубых глаз превращается в ген ярко-голубых глаз. В результате мутаций появляются новые признаки, которых у предков не было.

Как по-вашему, может ли мутация остаться незамеченной, то есть – не проявиться в признаке?

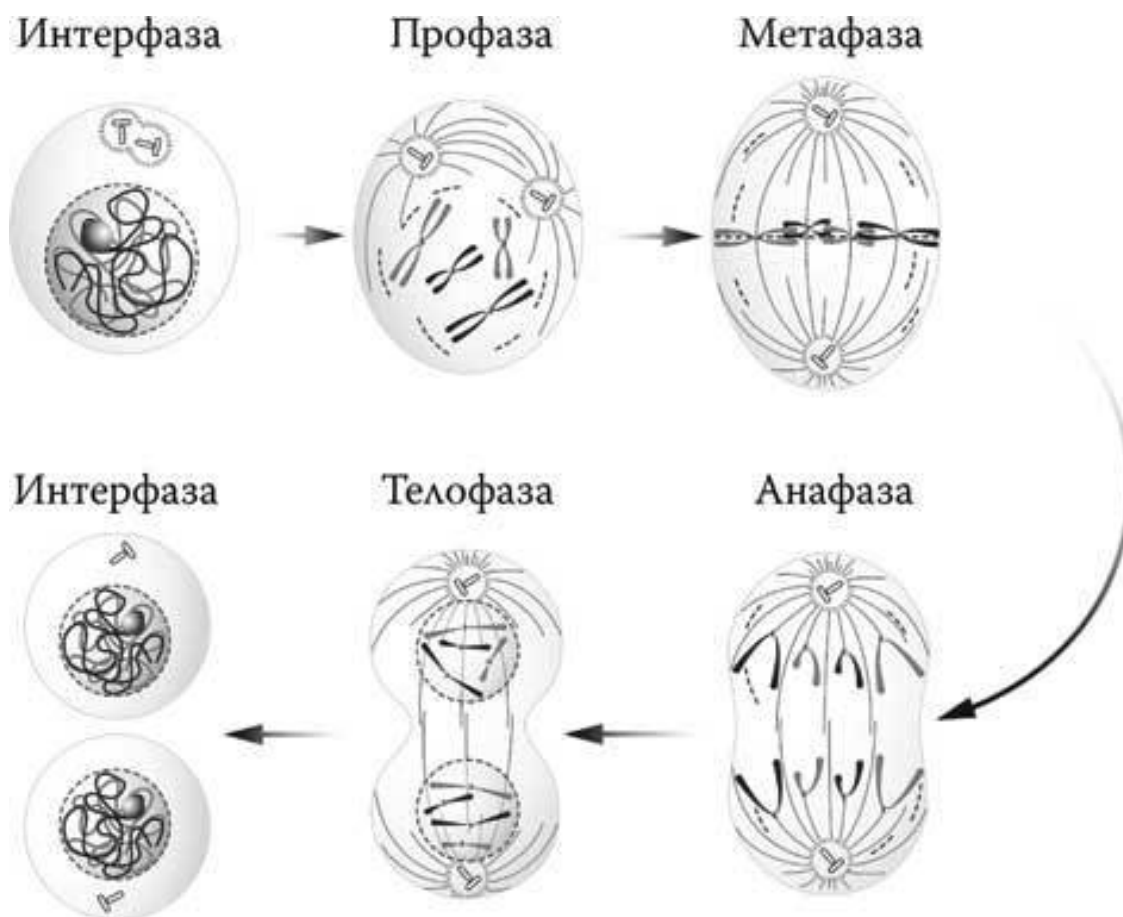
Разумеется, может. В том случае, если изменившийся ген будет подавлен своим напарником. Мутация может сделать ген более сильным, то есть – более предпочтительным для считывания информации, но может и ослабить или же вообще никак не отражается на силе гена.

А теперь давайте посмотрим, как делятся клетки нашего организма. Мы с вами постоянно будем говорить о делении клеток, потому что эмбриональное развитие – это деление, деление и еще раз деление. Надо же представлять, хотя бы в общих чертах, как происходит этот процесс.

Самым распространенным способом воспроизводства клеток, имеющих ядро (а именно таковы, за малым исключением, наши клетки)³, является не прямое деление, которое по-научному называется «митозом». Это слово происходит от греческого «митос», означающего «нить». Такое название процессу дал его первооткрыватель немецкий биолог Вальтер Флемминг, потому что хромосомы под световым микроскопом выглядят как тонкие нити.

Смысл митоза заключается в одинаковом распределении хромосом между дочерними клетками. Это обеспечивает их генетическую идентичность и позволяет сохранять преемственность в бесконечном ряду клеточных поколений. Проще говоря, каждая дочерняя клетка должна получить от материнской полную генетическую информацию.

³ Примером безъядерных человеческих клеток могут служить эритроциты (красные кровяные тельца).

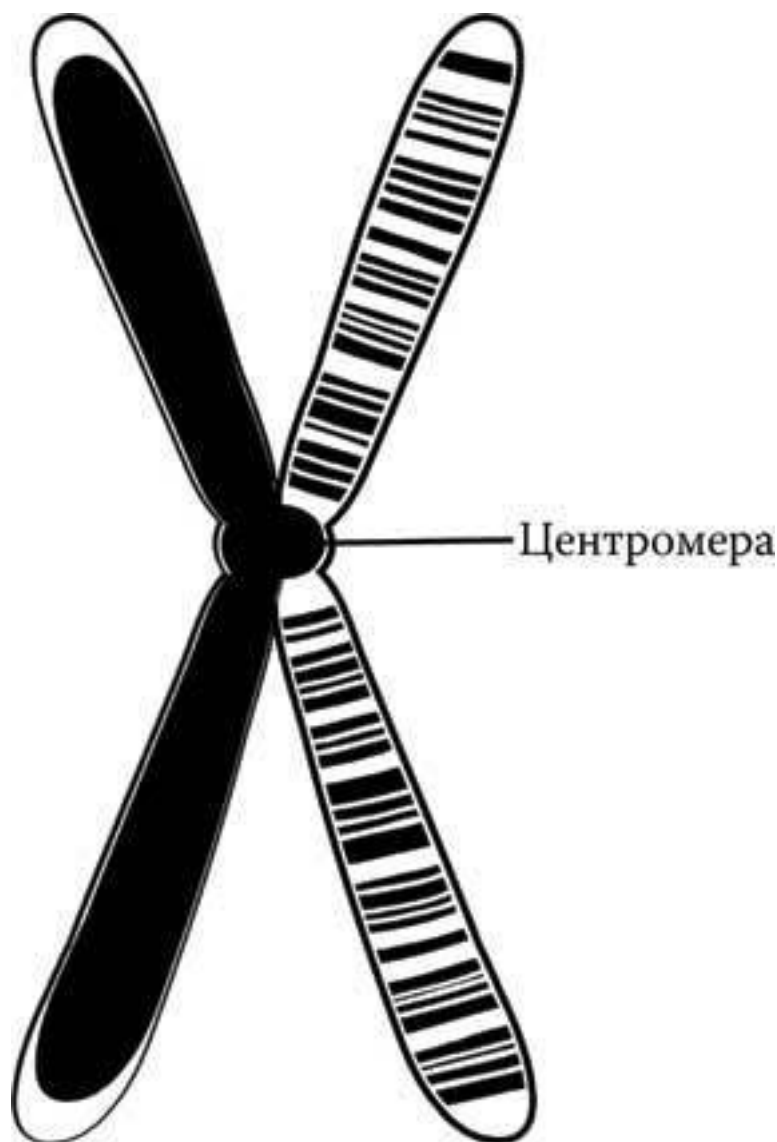


Митоз

Промежуток между двумя делениями клетки называется «интерфазой» (см. рисунок). Смысл интерфазы состоит в подготовке к предстоящему делению – клетка удваивает число хромосом и увеличивает свою массу. В интерфазе хромосомы находятся в клеточном ядре в виде тонких нитей и в обычный, то есть – световой, микроскоп неразличимы, можно увидеть только само ядро.

Когда подготовка заканчивается, настает время деления – время митоза.

Первая фаза митоза называется «профазой». Профаза – наиболее продолжительная фаза деления. Начинается она с того, что хромосомные нити утолщаются и сворачиваются в спираль. Теперь их можно увидеть в микроскоп. Во время интерфазы число хромосом удвоилось. В профазе одинаковые (или как принято говорить – сестринские) хромосомы соединяются друг с другом посредством перемычек, которые по-научному называются «центромерами». Такие сдвоенные хромосомы с перемычкой посередине похожи на букву «Х».



Хромосома

Оболочка, ограничивающая ядро, в профазе разрушается, и сдвоенные хромосомы рас-средоточиваются по всей клетке. Осталось совсем немного – поровну их поделить.

В клетке есть парные клеточные органы, называемые центриолями. Центриоли представляют собой цилиндрические образования, состоящие из пучков микроскопических трубочек. В интерфазе центриоли располагаются в центре клетки, потому-то у них и название такое. Центриоли делят хромосомы между дочерними клетками. В конце профазы центриоли расходятся из центра клетки в противоположные стороны, образуя два полюса. На этом профаза заканчивается, и наступает вторая фаза митоза, которая называется «метафазой».



Центриоли

Разошедшиеся к полюсам centrioles протягивают микротрубочки к хромосомам. К каждой паре хромосом тянутся микротрубочки от обеих centrioles. Если centrioles расположены у полюсов, то хромосомы выстраиваются возле условного экватора клетки, образуя нечто вроде пластины, которую называют «экваториальной» или «метафазной пластинкой». Система «centrioles – хромосомы» имеет веретенообразную форму, потому и называется «веретеном деления».

Смысл метафазы заключается в образовании веретена деления. Как только оно образовано, начинается третья фаза митоза – анафаза.



Образование веретена деления (оно видно на левом рисунке) и разделение хромосом

Во анафазе разрушаются центромеры, связывавшие хромосомы попарно, а микротрубочки начинают сокращаться и подтягивают хромосомы к полюсам клетки. Дело сделано, хромосомы поделены. Осталось только упаковать их в ядра и отделить дочерние клетки друг от друга. Все это происходит в заключительной, четвертой фазе митоза, которая называется «телофазой». Разделение клеток обеспечивает перетяжка, образующаяся в экваториальной зоне клетки. В результате вместо одной материнской клетки появляются две дочерние.

У разных клеток нашего организма разная продолжительность митоза – от получаса до часа. В течение жизни в нашем теле осуществляется примерно сто триллионов клеточных делений. Сто триллионов – это десять в четырнадцатой степени. 100 000 000 000 000!

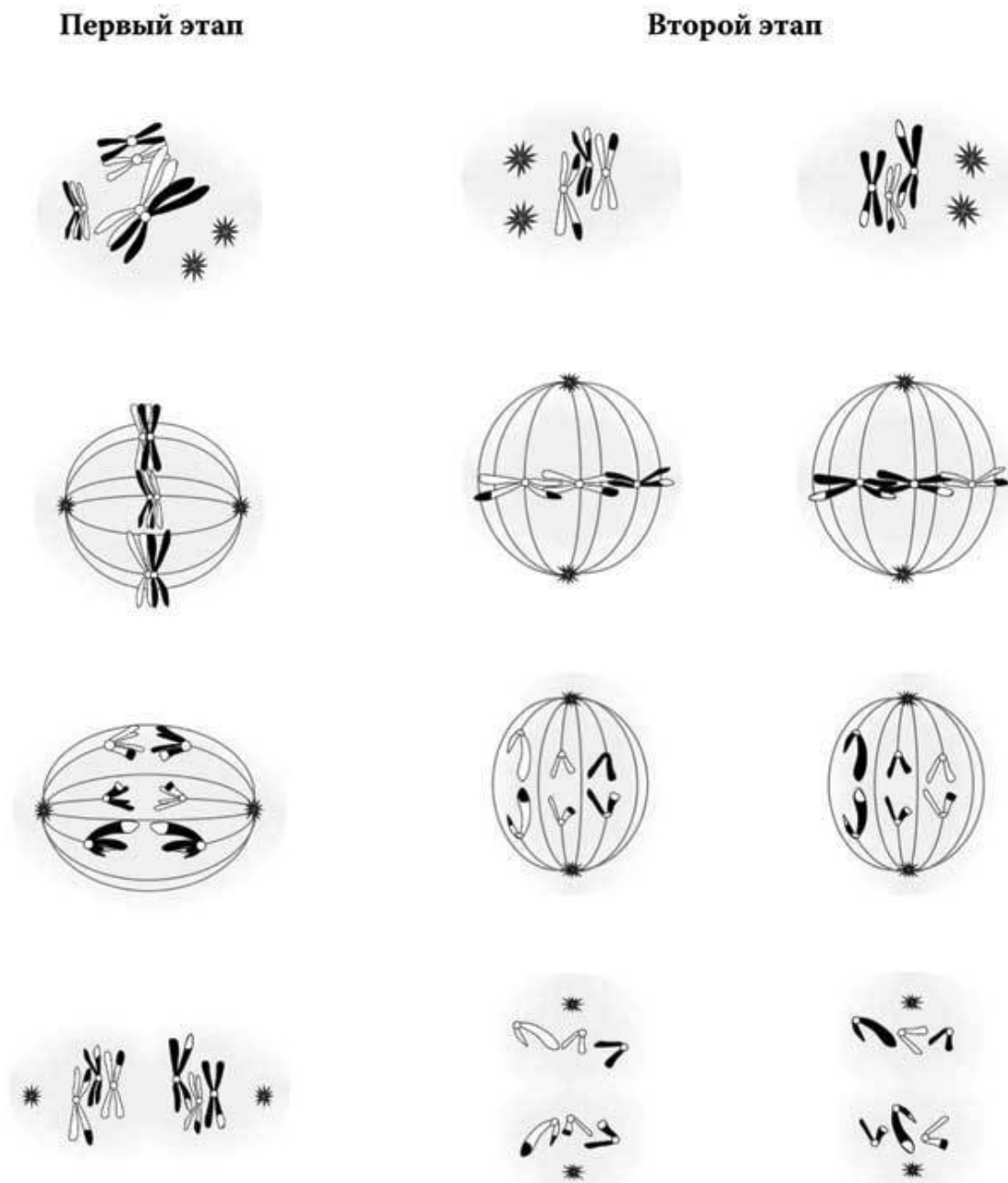
Половые клетки – сперматозоиды и яйцеклетки – образуются иначе. Митоз для них не подходит, потому что полный набор хромосом им не нужен. В половых клетках должны содержаться половинные наборы хромосом, которые при оплодотворении объединяются в полный. Такой вид деления, при котором материнский набор хромосом делится пополам между дочерними клетками, называют «мейозом», что в переводе с греческого означает «уменьшение».

Мейоз процесс сложный, он проходит в два этапа, в два деления. Первое деление клеток происходит с удвоением числа хромосом, но, в отличие от митоза, хромосомные пары не разделяются надвое, а остаются соединены центромерами. В результате обе дочерние клетки получают от материнской по одной из гомологичных хромосом вместе с ее копией.

Практически сразу же по окончании первого деления, начинается второе, перед которым удвоения числа хромосом не происходит. Центромеры разрушаются, и хромосомы материнских клеток делятся поровну между дочерними.

В результате мейоза из одной материнской (а если точнее, то – «бабушкинской») клетки с полным набором хромосом образуются четыре дочерних клетки с половинным набором хромосом.

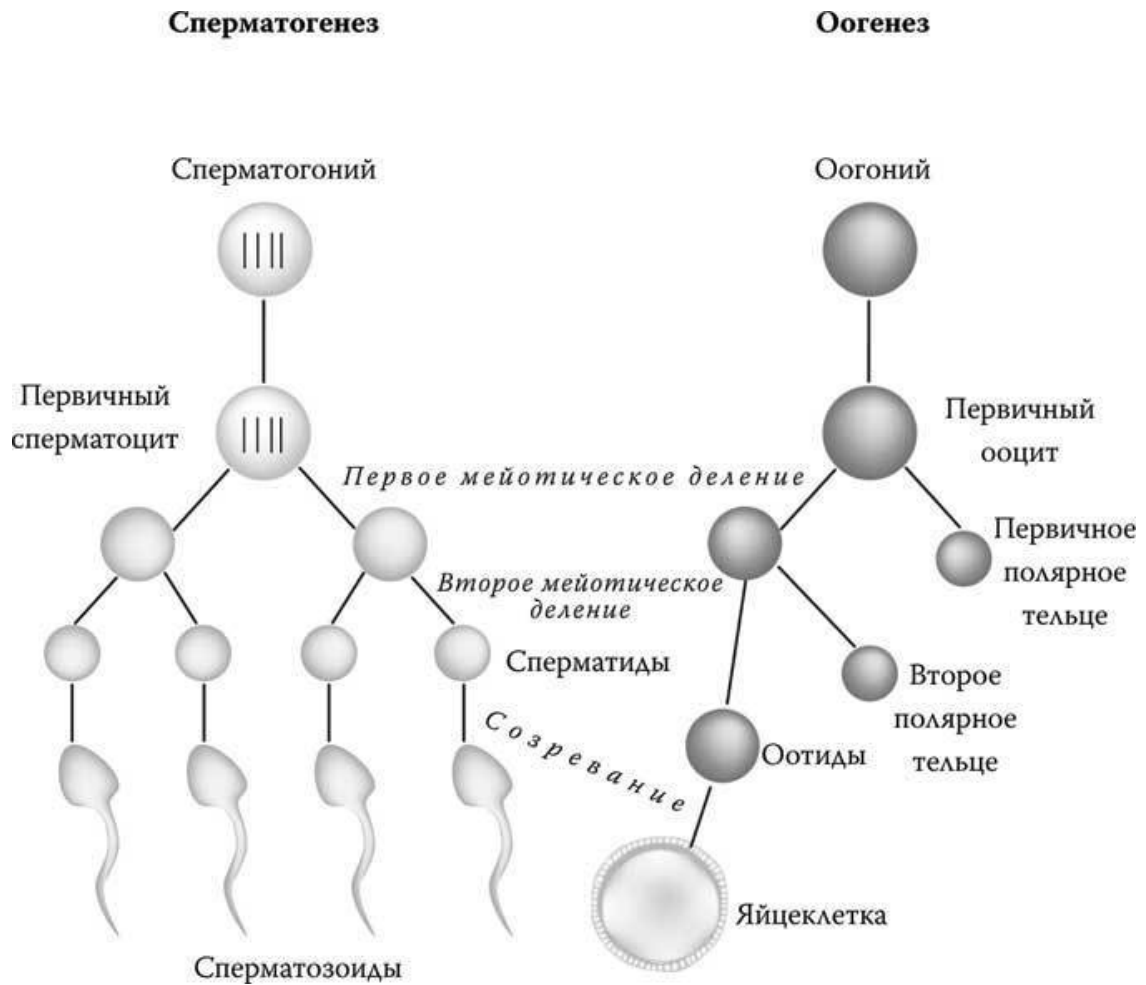
Процесс образования яйцеклеток (оогенез) и процесс образования сперматозоидов (сперматогенез) различаются тем, что из клетки-родителя образуется четыре сперматозоида и всего одна (!) яйцеклетка.



Мейоз

Почему яйцеклетка одна, а сперматозоидов – четыре?

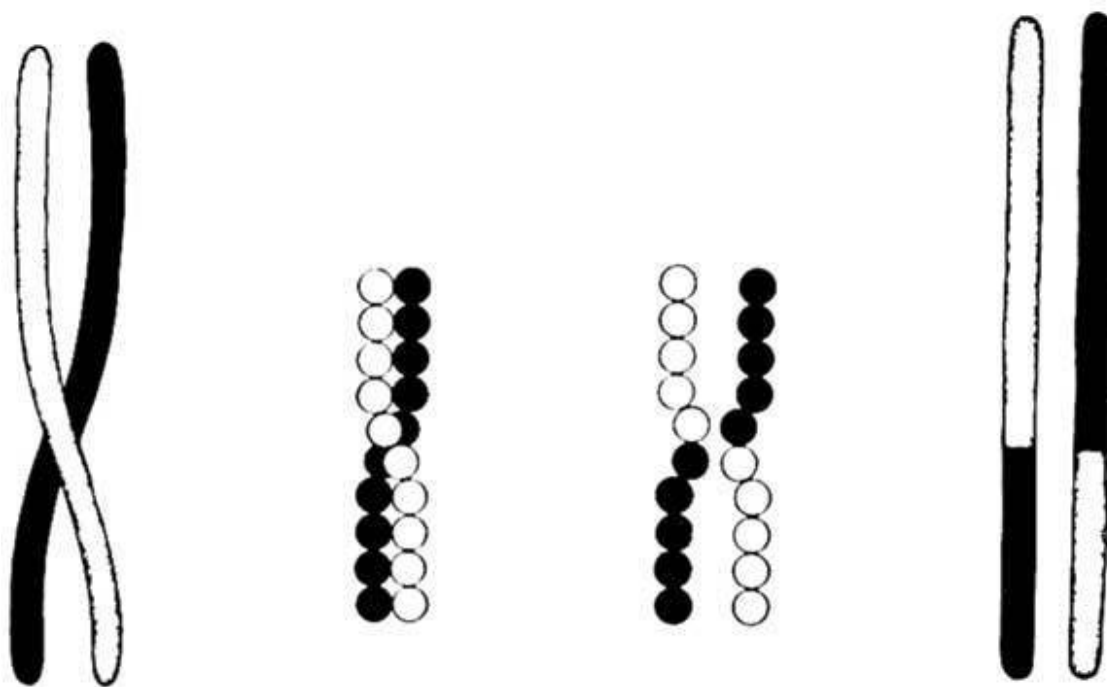
Дело в том, что яйцеклетке, в отличие от сперматозоида, нужно после оплодотворения делиться, причем весьма активно. Для осуществления любого процесса требуются исполнители – клеточные органы, и энергетические ресурсы – питательные вещества. И то и другое находится в цитоплазме, полужидкой внутренней среде клетки. Было бы нерационально делить цитоплазму со всем ее содержимым поровну между четырьмя яйцеклетками. В результате такого «справедливого», равноценного деления получились бы четыре «недояйцеклетки», не способные к активному размножению. Но в то же время в процессе оогенеза дважды надо как-то избавляться от половины имеющихся хромосом. Для этого образуются так называемые «полярные тельца» – не слишком-то жизнеспособные клетки, смысл существования которых заключается в удалении ненужных хромосом. Полярные тельца можно сравнить с мусорным ведром, в которое выбрасываются ненужные хромосомы.



Сперматогенез и оогенез

У мейоза есть одна интересная особенность, которой нет у митоза.

В первой профазе мейоза, когда гомологичные хромосомы соединяются в виде буквы Х, между ними происходит процесс обмена участками! Обмен этот равноценный, меняются идентичные участки, ни одна хромосома не отдает другой больше, чем получила от нее.



Схематичное изображение кроссинговера

Это явление называется «кроссинговером», что в переводе с английского (crossing over), означает «пересечение». Смысл кроссинговера в том, что он повышает генетическое разнообразие в популяции,⁴ а генетическое разнообразие способствует более качественному приспособлению организмов и видов к постоянно изменяющимся условиям окружающей среды. Выше генетическое разнообразие – лучше приспособляемость. Лучше приспособляемость – выше выживаемость.

Из-за кроссинговера и мутаций хромосомы, полученные ребенком от родителей, могут отличаться от их «исконных» хромосом. Вдобавок, комбинации гомологичных хромосом в парах могут быть разными. Если мы обозначим отцовские парные хромосомы как «О» и «о», а материнские как «М» и «м», то у ребенка могут быть четыре варианта комбинаций – «ОМ», «Ом», «оМ» и «ом». Вот почему дети, рожденные от одних и тех же родителей, могут быть совершенно непохожими друг на друга. А еще дети могут быть совершенно непохожими на родителей, как говорится «не в мать и не в отца, а в проезжего молодца». И далеко не всегда в этом виноват проезжий молодец.

Важно понимать, что программа развития организма создается в момент его зачатия. Вот как только сперматозоид оплодотворил яйцеклетку, эта программа и появилась, сложилась из двух половинок – материнского и отцовского набора хромосом. Вот сложилась – и все тут! Раз и навсегда. Сочетания парных генов определили все признаки организма. Осталось только выработать соответствующие белки в соответствующих клетках...

К слову будет сказано, что ни клетки организма, ни, тем более, молекулы ДНК, не обладают разумом и не могут оценивать последствия синтеза тех или иных белков. Увы, но это так. Если сбой в генетическом коде приведет к чему-то вредному для клеток или организма в целом, этот код все равно будет реализован. Раз написано – надо выполнять!

Людьми, далекими от биологии, эволюция и естественный отбор могут восприниматься как какие-то разумные, осмысленные процессы. Ничего удивительного, ведь в результате эво-

⁴ Популяцией называется совокупность организмов одного вида, длительное время обитающих на одной территории и частично или полностью изолированных от особей других аналогичных групп того же вида.

люции одноклеточный организм развился до такого венца творения, как Человек Разумный. Разве это можно объяснить только цепочкой случайностей? Что же касается естественного отбора, то он сохраняет полезное и отбрасывает бесполезное, а для этого вроде бы как нужен разум. Весь этот разумный флер (или, если угодно – ореол) ложится и на гены с хромосомами. Впору думать, что умные хромосомы сами придумали меняться участками, дабы поспособствовать прогрессированию генетического разнообразия.

На самом деле все совсем не так. Кроссинговер – это результат мутации, да и вообще все многообразие окружающей нас живой природы представляет собой результат мутаций.

Мутации служат материалом для естественного отбора, эволюционного процесса, в результате которого в популяции увеличивается количество особей, обладающих максимальной приспособленностью к условиям внешней среды, а количество слабо приспособленных особей уменьшается.

Каким образом происходят эти процессы?

Если мутация благоприятная, если она повышает выживаемость организма, повышает его приспособленность к условиям среды обитания или повышает его плодовитость, то она имеет шансы широко «растиражироваться» в потомстве, потому что тот, кто живет дольше, может оставить больше потомства. Только и всего. Оставил больше потомства – «растиражировал» свои гены вместе с полезной мутацией, ну а дальше этот процесс пошел по нарастающей. А если мутация неблагоприятная (сокращающая продолжительность жизни, плохо влияющая на здоровье и т. п.), то ее обладатель оставит мало потомства или вовсе его не оставит, и, следовательно, такая мутация не будет «растиражирована». Вот вам и весь естественный отбор. Никакого разума – одна статистика.

По результатам мутации делят на полезные, нейтральные и вредные, которые в свою очередь подразделяются на стерильные, полулетальные и летальные.

Нейтральными называются мутации – это мутации, которые никак не влияют на жизнеспособность организма.

Полулетальными называются вредные мутации, значительно снижающие жизнеспособность организма, но, в отличие от летальных, не приводящие к его гибели.

Стерильные мутации не влияют на жизнеспособность организма, но снижают его способность к размножению.

Польза и вред некоторых мутаций зависят от условий внешней среды. В разных условиях одна и та же мутация может оказаться полезной или вредной. Например, мутация вызывающая альбинизм (полное или частичное отсутствие меланина в коже, волосах и радужной оболочке глаз) окажется полезной для животного, обитающего там, где круглый год или большую часть года лежит снежный покров. В таких условиях альбинизм является маскирующим признаком, увеличивающим шансы особи на выживание. А вот в степи заяц-альбинос будет хорошо замечен, здесь этот признак окажется вредным, демаскирующим. Но хромосомы зайца не думают: «давайте переделаем этот ген в ген альбинизма», потому что думать им нечем. Просто происходит такая мутация, результат которой проходит испытание на свою полезность.

На этом наш краткий курс генетики заканчивается и начинается знакомство с самым таинственным и самым чудесным периодом жизни. Если слово «чудесный» вызвало у вас усмешку, то отложите на минуточку эту книгу, подойдите к зеркалу, посмотрите на себя со всех сторон и вспомните, что такое совершенное совершенство выросло из одной малюсенькой клетки...

Разве же это не чудо?

Да это самое чудесное чудо! Чудесатее и быть не может.

Две недели, которых не было, или Что было до того, как все началось

*«Один возбужденно говорил другому:
– Где линия отсчета, Витя? Необходима линия отсчета.
А без линии отсчета, сам понимаешь...
Его собеседник возражал:
– Факт был? Был... А факт – он и есть факт...
Перед фактом, как говорится, того...
– Необходима шкала ценностей, Витя.
Истинная шкала ценностей. Плюс точка отсчета.
А без шкалы ценностей и точки отсчета, сам посуди...
– Есть факт, Коля! А факт – есть факт, как его ни поворачивай.
Факт – это реальность, Коля! То есть нечто фактическое...»*

Сергей Довлатов, «Компромисс»

На простой вопрос: «Какова продолжительность беременности у человека?» – можно ответить двояко – тридцать восемь или сорок недель, причем оба ответа будут правильными. И это не шутка, а суровая правда жизни. Дело в том, что далеко не всегда можно точно установить, когда именно произошло оплодотворение яйцеклетки, чтобы начать отсчет срока беременности с этой даты. Медицина же наука точная, требующая четких временных ориентиров. Ведение беременности расписано у врачей по календарю – на этой неделе нужно делать то-то и то-то, а на следующей то-то и то-то.

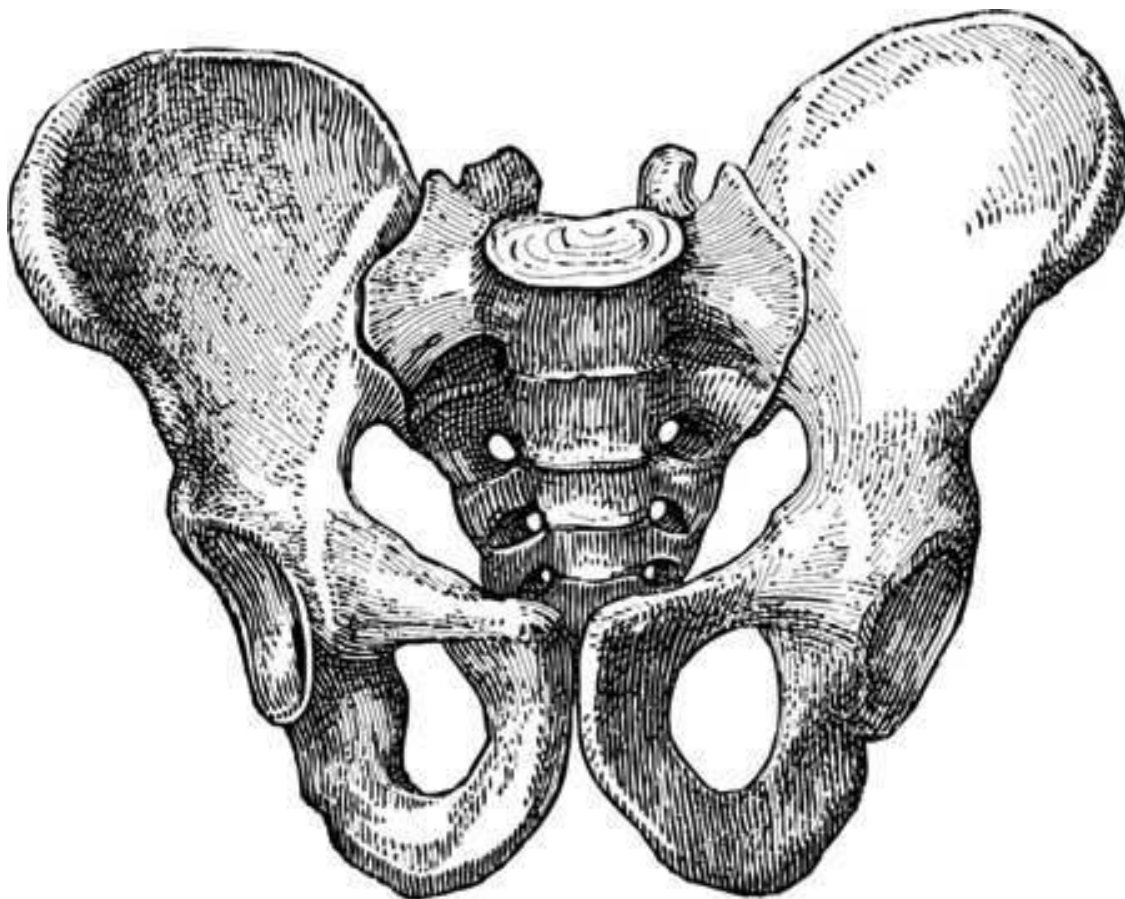
И что прикажете делать в том случае, если женщина не может назвать дату зачатия? Выбирать дату наугад? Или, может, погадать на картах? Разумеется, ни то, ни другое не подходит. Акушеры отсчитывают начало беременности с той даты, которую женщина может указать точно – с даты начала последней менструации. Начало менструации свидетельствует о том, что подготовившаяся к оплодотворению яйцеклетка осталась невоплощенной и покидает организм, уступая место следующей, которой посчастливилось стать оплодотворенной. Принято считать, что в период менструации, особенно в первые двое суток забеременеть невозможно, но это мнение ошибочно. Вероятность низка, но она все же существует. Вот и ведут отсчет акушеры со дня начала менструации. И при таком раскладе нормальная беременность длится около сорока недель. Сорок недель – это так называемый «акушерский срок». Реальная же продолжительность беременности от оплодотворения до родов составляет тридцать восемь недель и этот срок называется «эмбриональным». Для того, чтобы избежать путаницы, которая непременно возникнет при использовании какой-то одной из «систем летоисчисления», мы станем использовать обе системы одновременно. В названии каждой главы сначала указана неделя эмбрионального срока, а следом – акушерского. Акушерская неделя всегда на двойку опережает эмбриональную.

Почему разница между циклами составляет именно 2 недели?

Да потому что овуляция – выход готовой к оплодотворению яйцеклетки в маточную трубу, – происходит примерно в середине менструального цикла, спустя две недели после начала менструации. Варианты, конечно, возможны, но чаще всего беременность наступает примерно через две недели после начала менструации, что и обуславливает именно такую разницу между «системами летоисчисления».

В этой главе, посвященной двум первым неделям с момента начала менструации, мы поговорим о том, как происходит оплодотворение, и о том, как организм женщины готовится к вынашиванию ребенка.

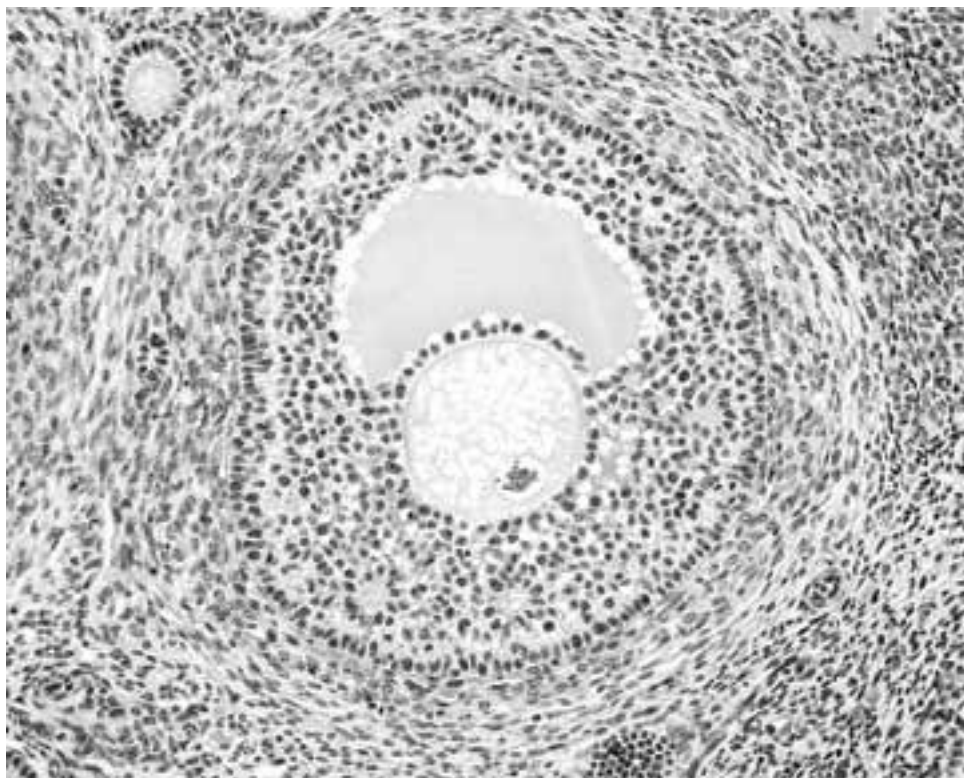
Основой женской половой системы является яичник – небольшой парный орган овальной формы, расположенный в полости таза. Полость эта представляет собой анатомическое пространство, ограниченное костями таза – части скелета, расположенной в основании позвоночника.



Таз женщины, вид спереди

В яичниках находятся небольшие шаровидные образования, называемые «фолликулами». В каждом фолликуле содержится одна женская половая клетка, которую называют яйцевой клеткой или сокращенно – яйцеклеткой. Яйцеклетка окружена двумя соединительнотканными оболочками и слоем клеток, обеспечивающим ей не только защиту, но и доставку питательных веществ из жидкости, заполняющей фолликул. Клеточная оболочка яйцеклетки поэтично называется «лучистым венцом», а наружная соединительнотканная оболочка, находящаяся под лучистым венцом, называется «блестящей». Блеск оболочке придают содержащиеся в ней гликопротеины – белки, имеющие в составе молекулы сахаридные остатки.

Яйцеклетка не плавает в фолликуле, а располагается на выступе, который называется «яйценосным холмиком» или «яйценосным бугорком». Фолликул содержит клетки, способные вырабатывать гормоны. Это не просто хранилище яйцеклетки, а эндокринный орган.

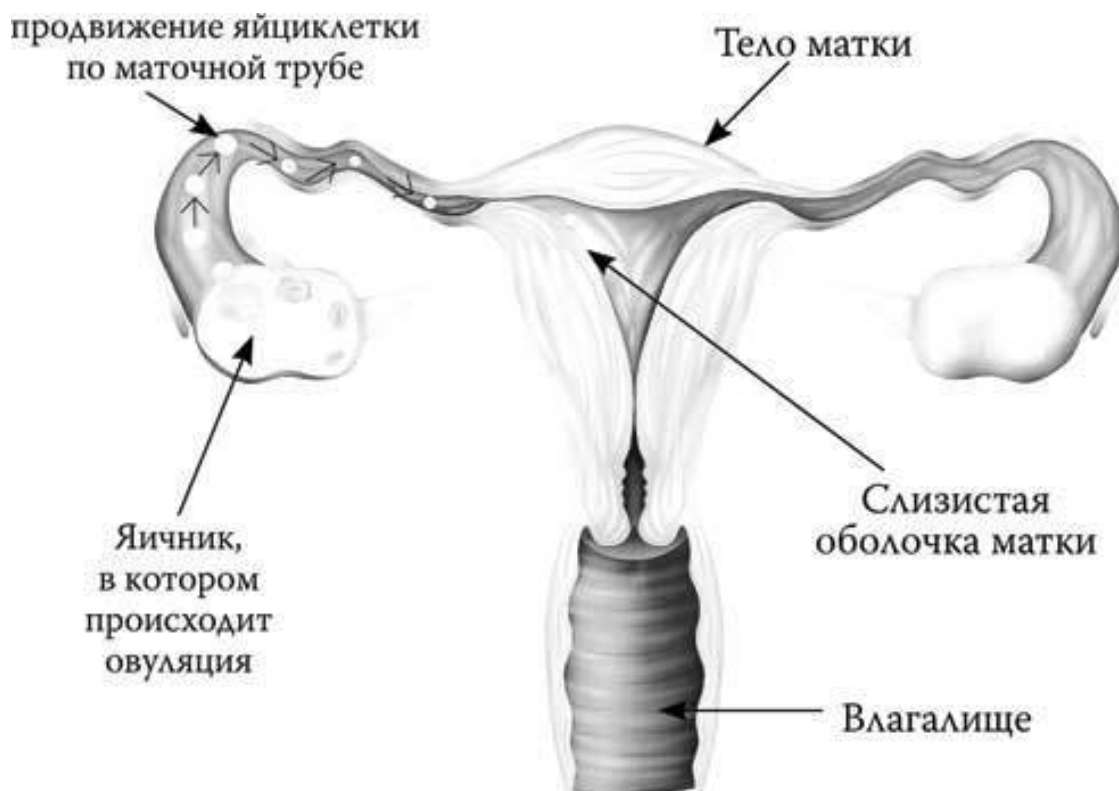


Фолликул

В яичниках новорожденной девочки содержится около двух миллионов первичных, зародышевых, то есть – недоразвитых, фолликулов. После рождения фолликулы в яичнике образовываться не могут. Более того – их количество постоянно снижается и к восемнадцати годам доходит до пяти-семи тысяч. Надо сказать, что и этого много, потому что для обеспечения детородной функции их потребуется около пятисот.

К моменту наступления половой зрелости в каждом яичнике содержится несколько тысяч фолликулов с молодыми, то есть незрелыми, яйцеклетками.

Фолликулы в яичниках созревают до тех пор, пока первый из них не лопнет, выпустив яйцеклетку в так называемую фаллопиеву или маточную трубу, соединяющую полость матки с брюшной полостью. Этот момент, момент первых месячных, наступающий у большинства девочек в промежутке между 11 и 13 годами, называют «менархе», а выход яйцеклетки из яичника в маточную трубу называют «овуляцией». С выходом первой яйцеклетки начинается циклическая деятельность яичников, проявляющаяся в виде регулярных менструаций, которые в среднем продолжаются в течение сорока лет.



Овуляция

Созреванием фолликулов управляют женские половые гормоны, называемые «эстрогенами», которые фолликулами в основном же и вырабатываются. Также эстрогены стимулируют рост эндометрия – внутренней слизистой оболочки матки – и развитие в ней кровеносных сосудов. Эндометрий можно считать если не самой главной, то самой любимой мишенью для эстрогенов, потому что в нем находится очень много рецепторов к этим гормонам. Иначе и быть не может, ведь управление эндометрием представляет собой очень сложный циклический процесс.

Гормону, как и любому биологически активному веществу, обязательно нужен рецептор, с которым гормон может взаимодействовать. Гормон без рецептора – это не гормон, а просто недоразумение, не оказывающее никакого действия на организм.

Ежемесячно клетки эндометрия готовятся к приему оплодотворенной яйцеклетки и к последующей заботе о ней. Если их надежды не оправдываются, если оплодотворения яйцеклетки и развития беременности не происходит, клетки наружного слоя эндометрия погибают и выводятся из организма во время менструации.

Может показаться, что проще было бы обойтись только выработкой новых яйцеклеток взамен неоплодотворенных, без постоянной замены наружного слоя клеток эндометрия. А уж как бы были рады в этом случае женщины, которым менструации доставляют множество проблем. Но все дело в том, что наружные клетки эндометрия запрограммированы природой на интенсивный рост при наступлении беременности, когда матка начинает резко увеличиваться в размерах. Лишить клетки этого потенциала невозможно, но и развиваться им в не беременной матке некуда. Вот и приходится организму избавляться от старых клеток эндометрия и выращивать им на замену новые.

Циклическая деятельность яичников обусловлена циклическим же изменением уровня содержания эстрогенов в крови. Во время окончательного созревания очередного фолликула, в так называемую фолликулярную фазу менструального цикла, которая начинается в первый

день менструации и длится до овуляции, выработка эстрогенов увеличивается. К моменту овуляции содержание эстрогенов в крови достигает своего пика.

После окончания овуляции начинается лютеиновая фаза менструального цикла, или фаза желтого тела. Она получила такое название из-за того, что после выхода яйцеклетки фолликул превращается в «желтое тело» – временную железу внутренней секреции, вырабатывающую гормон прогестерон.

Прогестерон часто называют «гормоном беременности», поскольку главной его задачей является подготовка матки к этому процессу. Прогестерон «переключает» эндометрий в фазу активной секреторной деятельности, когда увеличивается количество желез и кровоснабжение, то есть обеспечивает оплодотворенной яйцеклетке наиболее благоприятные условия для прикрепления к стенке матки.

А еще прогестерон угнетает иммунную реакцию материнского организма на эмбрион. Как бы кощунственно ни звучали бы эти слова, но зародыш для материнского организма является чужеродным телом, и именно прогестерон позволяет избежать его отторжения.

А еще прогестерон снижает сократительную способность мускулатуры матки во время беременности. Это нужно для того, чтобы предотвратить выкидыш. Прерывание беременности на малых сроках часто вызывается именно недостаточностью прогестерона.

К моменту начала родов содержание прогестерона в организме беременной женщины резко понижается, что позволяет матке активно сокращаться. Заодно уменьшение содержания прогестерона способствует началу лактации. Во время беременности прогестерон лактацию подавляет.

Также прогестерон угнетает созревание новых фолликулов, потому что в период беременности новые яйцеклетки не нужны – матка уже занята зародышем.

Во время беременности прогестерона вырабатывается все больше и больше, сначала желтым телом, а затем – плацентой, но если беременность не наступает, то желтое тело перестает функционировать и к началу менструации выработка прогестерона прекращается.

Весьма часто яйцеклетку называют самой крупной клеткой человеческого организма, но это не совсем правильно. Да – человеческая яйцеклетка довольно крупная клетка. Ее диаметр примерно равен десятой доле миллиметра, что дает возможность видеть ее невооруженным взглядом. Но клетки скелетных мышц и нервные клетки с их длинными отростками во много раз больше яйцеклетки.

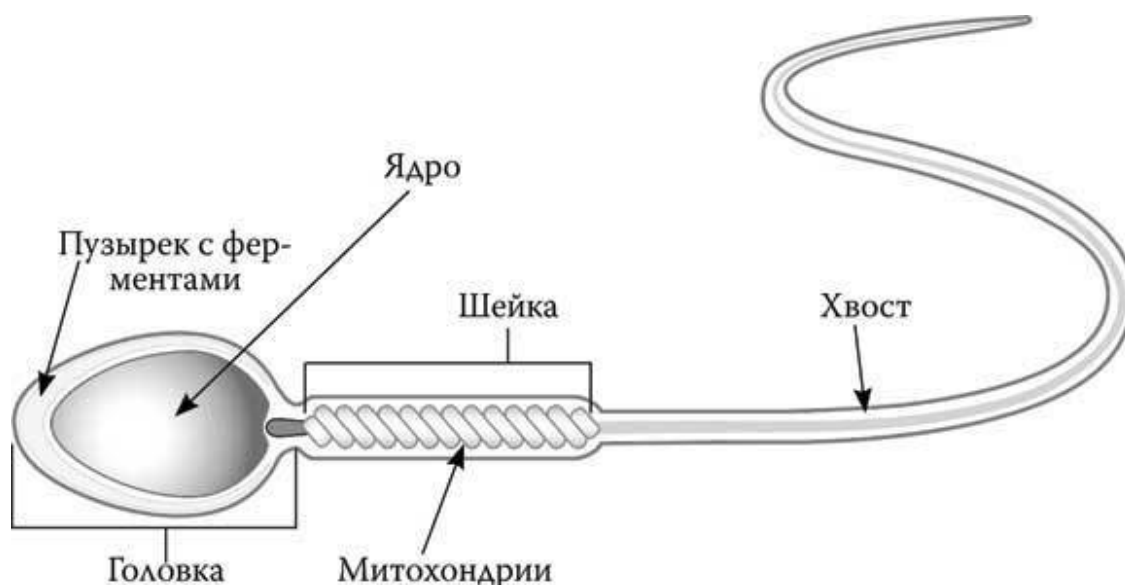
Итак, лопнул очередной фолликул. Новенькая свеженькая яйцеклетка спустилась немного по маточной трубе в направлении матки и застыла неподалеку от яичника в ожидании встречи со сперматозоидом...

Произошел половой акт. Во влагалище оказалась порция спермы, содержащая десятки миллионов сперматозоидов. Принято считать, что для оплодотворения яйцеклетки ОДНИМ сперматозоидом во влагалище должно попасть не менее Сорока Миллионов этих маленьких «почтальонов», вырабатываемых в мужских яичках (семенниках). Сорок миллионов – это минимальный минимум содержания сперматозоидов в способной к оплодотворению порции спермы. А если говорить о максимуме, то их количество в одном миллилитре спермы может превышать сто двадцать миллионов!⁵

Сперматозоиды – самые настоящие почтальоны. Смысл их существования и единственная жизненная цель заключаются в том, чтобы доставить к яйцеклетке посылку – отцовский генетический материал. Природа наделила сперматозоид органом движения – длинным хвостом, который часто называют «жгутиком», и «ключом», позволяющим проникнуть в яйцеклетку – ферментами, которые растворяют оболочку яйцеклетки. Эти ферменты «упакованы»

⁵ Количество спермы, выделяемое при половом акте, сильно варьируется, но в среднем составляет от двух до пяти миллилитров. Так что во влагалище может одновременно попасть и шестьсот миллионов сперматозоидов.

в пузырек, называемый «акросомой». В головке сперматозоида нет ничего, кроме ядра с хромосомами и акросомы. Цитоплазмы, полужидкой клеточной среды, сперматозоиды лишены потому что им надо быть как можно легче, чтобы двигаться как можно быстрее. Единственное, что кроме ядра и акросомы есть у сперматозоида из клеточных органов, – это митохондрии, клеточные энергетические станции. Они расположены в шейке сперматозоида, между головкой и хвостом. Митохондрии снабжают хвост энергией, необходимой для движения.



Строение сперматозоида

Длина сперматозоида вместе с хвостом составляет около пятидесяти микрометров или пять сотых миллиметра. Такому малютке-почтальону нужно пройти путь длиной в двадцать сантиметров, чтобы достичь яйцеклетки. Двадцать сантиметров! Целых двадцать сантиметров или двести тысяч микрометров! Это не шутка. Если рассматривать соотношение размера сперматозоида с длиной его пути применительно к человеку, ростом в сто семьдесят пять сантиметров, то получится семь километров. Представьте, что вам нужно преодолеть семь километров – сначала идти по бездорожью, по болотам да оврагам, а затем долго плыть против течения. Каково? И для полноты впечатления представьте, что овраги буквально набиты разбойниками, которые хотят вас убить. Жуть? Мрак? Да не то слово.

И все сказанное про болота и разбойников – чистая правда. Но давайте от образного перейдем к реальности. В первую очередь сперматозоидам необходимо выбраться из влагалища в канал шейки (узкого нижнего сегмента) матки. Во влагалище среда кислая, неблагоприятная для сперматозоидов. Да что там неблагоприятная! Просто губительная! Вдобавок за сперматозоидами начинают охотиться клетки иммунной системы организма женщины. А чего вы хотели? С точки зрения организма сперматозоид – это чужеродный агент, чужая клетка, которую нужно ликвидировать как можно скорее, пока она чего-нибудь не натворила.

Кислая среда и клетки иммунной системы – это условные разбойники, сидящие по оврагам. Большинство сперматозоидов, получивших свободу во время полового акта, гибнет во влагалище. Кто-то просто погибает от избытка кислоты, а кто-то вязнет во влагалищной слизи, вроде как тонет в болоте.

Кстати говоря, кислая среда не только убивает сперматозоиды, но и служит для них условным «компасом», потому что движение сперматозоидов по половым путям женщины осуществляется по направлению уменьшения кислотности.

В шейке матки среда близка к нейтральной, но зато там очень много слизи. Образно говоря, нет разбойников, но болота поистине непроходимые. Зато тех, кто все же прорвется в полость матки (а это примерно десять миллионов «почтальонов»), ждет награда – благоприятная среда, в которой сперматозоиды активируются, обретают «второе дыхание» и устремляются к маточным трубам. Устремляются наугад – одни в левую трубу, другие – в правую. Но яйцеклетка сидит только в одной из труб. Такая «лотерея» примерно вдвое уменьшает количество движущихся к яйцеклетке сперматозоидов (половина их движется по пустой трубе и в конце концов погибает).

В трубах сперматозоидам приходится плыть против течения, против тока трубной жидкости. Этот ток создают движущиеся реснички, находящиеся на клетках, выстилающих трубы изнутри, а также сокращения мышечного слоя трубной стенки. Ток жидкости служит очередным ориентиром для сперматозоидов, которые «запрограммированы» на движение против течения. До сих пор неясно, как сперматозоидам удастся найти яйцеклетку в огромной трубе, но согласно наиболее убедительной гипотезе им помогают ориентироваться определенные вещества, выделяемые яйцеклеткой для привлечения внимания сперматозоидов.

Приблизительная скорость движения сперматозоида составляет от четырех до шести миллиметров в минуту. Уже спустя час после полового акта сперматозоид теоретически может достичь яйцеклетки, но на самом деле этот путь занимает в среднем от трех до шести часов. А бывает и так, что сперматозоидам приходится ждать в трубе появления яйцеклетки. В благоприятных трубных условиях сперматозоиды способны сохранять жизнеспособность в течение нескольких суток. Точная продолжительность жизни сперматозоидов пока еще остается тайной. Принято считать, что сперматозоиды могут жить в маточных трубах не дольше четырех суток, но есть мнение, что этот период может растягиваться до недели и даже больше. Неоплодотворенная яйцеклетка, кстати говоря, живет не более одних суток, несмотря на то, что она имеет цитоплазму, богатую питательными веществами.

Из сорока миллионов, а точнее – из не менее чем сорока миллионов, потому что этих самых миллионов может быть и двести, до оболочки яйцеклетки доходит всего-навсего несколько тысяч сперматозоидов. Для того, чтобы пробиться через лучистый венец (вспомним, что так называется слой фолликулярных клеток, окружающих яйцеклетку) сперматозоид использует фермент гиалуронидазу, который находится на наружной поверхности его головки. Гиалуронидаза расщепляет вещество, склеивающее клетки лучистого венца в монолитную преграду, позволяя сперматозоидам пройти к блестящей оболочке. Этого фермента на головке сперматозоида немного, поэтому для того, чтобы пробить брешь в лучистом венце требуется большое количество сперматозоидов. А вот ферментов, содержащихся в акросоме одного сперматозоида вполне достаточно для разрушения участка блестящей оболочки. Здесь коллективные усилия не то чтобы не требуются, но и прямо противопоказаны, потому что одну яйцеклетку должен оплодотворять один сперматозоид. Только в таком случае зигота, клетка, образовавшаяся в результате оплодотворения, будет иметь нормальный набор хромосом – сорок шесть штук, и будет способна к нормальному развитию.

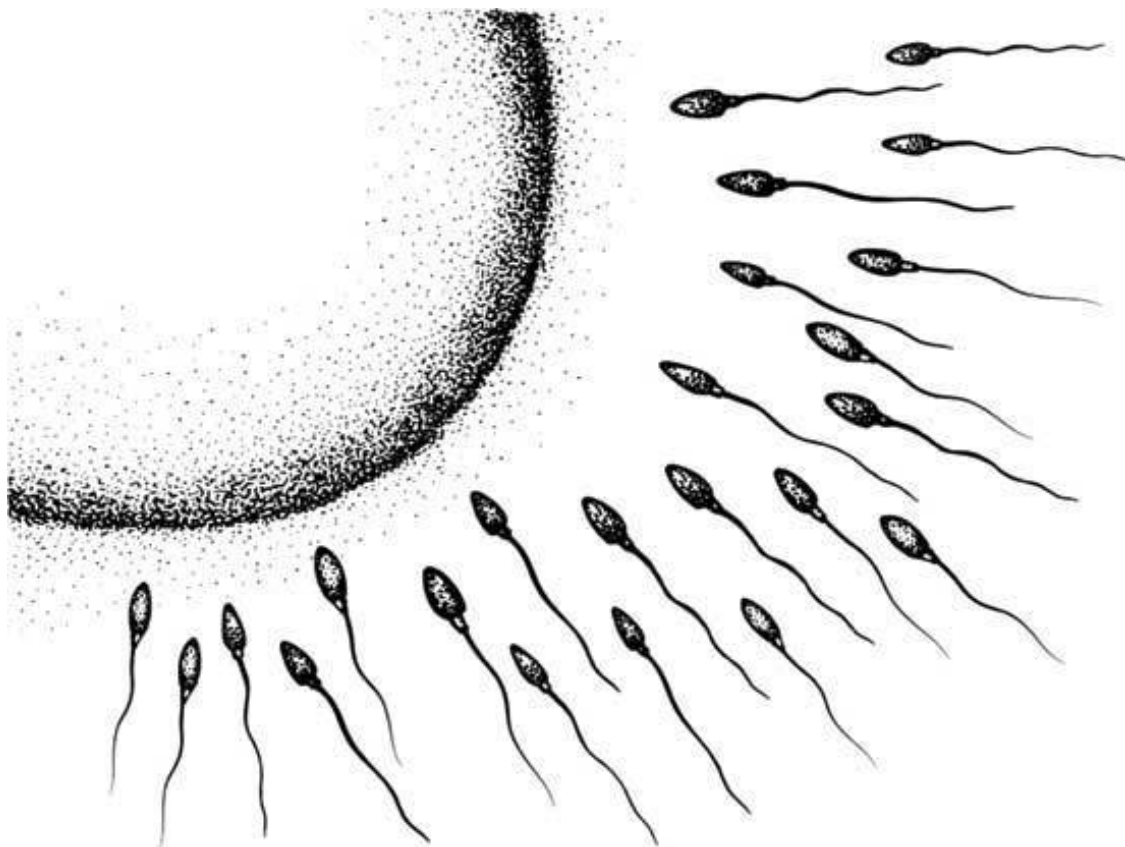
Одна-единственная лишняя хромосома в двадцать первой паре приводит к развитию тяжелого заболевания, известного под названием синдрома Дауна, для которого характерно более тридцати специфических признаков, начиная с умственной отсталости и заканчивая врожденным лейкозом – злокачественным заболеванием кроветворной системы. Если же лишних хромосом будет не одна, а целых двадцать три, то клетка погибнет, не успев начать деление.

Яйцеклетка имеет защиту от проникновения в нее лишних сперматозоидов. В блестящей оболочке есть пузырьки, содержащие ферменты, которые делают эту оболочку непроницаемой для сперматозоидов, то есть – не разрушаемой акросомальными ферментами. Сразу же после проникновения в яйцеклетку первого сперматозоида, эти пузырьки лопаются, и первый сперматозоид становится единственным. «Успех – это успеть», сказала когда-то поэтесса

Марина Цветаева. Кто успел, тот и доставил посылку по назначению, все остальные почтальоны погибли, не найдя своего продолжения в потомстве. Мир их праху!

Существует интересная, хотя и признаваемая далеко не всеми учеными теория спермовых войн, которая объясняет огромное количество сперматозоидов в эякуляте конкуренцией между сперматозоидами разных самцов. Когда-то давно люди не образовывали устойчивых пар, а спаривались беспорядочно с разными партнерами. При подобном промискуитете во влагалищах женщин присутствовала сперма разных мужчин и оплодотворить яйцеклетку могли те сперматозоиды, которые успешно уничтожали или блокировали конкурентов. Согласно теории спермовых войн лишь около одного процента сперматозоидов предназначается непосредственно для оплодотворения яйцеклетки, а остальные девяносто девять должны бороться с конкурентами.

Косвенным подтверждением правильности теории спермовых войн может служить связь между степенью беспорядочности половых отношений и размером семенников у самцов, от которого зависит объем выделяемой спермы и концентрация сперматозоидов в ней. Так, например, семенники самцов шимпанзе, не образующих постоянных пар и не имеющих «гаремов», примерно в десять раз больше семенников человека, а количество спермы, выделяемой при половом акте, может достигать до ста миллилитров! А количество сперматозоидов в одном миллилитре спермы шимпанзе в среднем равно шестистам миллионам (!). У самцов горилл, имеющих «гаремы» из нескольких самок, недоступных для других самцов, в одном миллилитре спермы содержится около пятидесяти миллионов сперматозоидов, а их семенники меньше семенников человека. Но зато размерами тела взрослые самцы гориллы превосходят как мужчин, так и самцов шимпанзе, потому что физическая сила нужна им для защиты гаремов от чужих посягательств. Проще говоря, у горилл за возможность оставить как можно больше потомства сражаются самцы, а у человека и шимпанзе – сперматозоиды. Согласитесь, что определенная логика в теории спермовых войн есть.



Сперматозоиды атакуют яйцеклетку

После проникновения сперматозоида в яйцеклетку последняя превращается в зиготу. Зигота – это клетка, с которой начинается развитие эмбриона, клетка, знаменующая появление нового человека.

О том, что происходит с зиготой, вы узнаете из следующей главы, а в завершение этой давайте посмотрим, каким образом происходит объединение ядерного материала сперматозоида и яйцеклетки. Если вы думаете, что два ядра просто сливаются в одно, то ошибаетесь.

Готовая к оплодотворению яйцеклетка находится на стадии второго деления мейоза. Процесс деления начинается перед овуляцией, а в момент выхода яйцеклетки из фолликула останавливается, чтобы возобновиться после появления сперматозоида. Хромосомы, доставленные сперматозоидом, вместе с хромосомами, содержащимися в яйцеклетке, образуют общую метафазную (экваториальную) пластинку первого деления митоза. Не общее ядро, а общую метафазную пластинку! Обратите внимание на эту особенность, свойственную не только человеку, но и всем позвоночным животным. Если в яйцеклетку проникает более одного сперматозоида, то их «лишние» хромосомы нарушают процесс митотического деления, что приводит к гибели зиготы.

Биологический смысл оплодотворения заключается в том, что мужская и женская половые клетки, содержащие по двадцать три хромосомы, сливаются в единое целое, образуя зиготу, содержащую «обычный» клеточный набор хромосом – сорок шесть штук или двадцать три пары.

Часть первая. Эмбриональный период

Эмбриональный период длится от момента оплодотворения до конца восьмой недели эмбрионального срока, которая соответствует десятой неделе акушерского срока. Этот период, во время которого закладывается фундамент организма, является наиважнейшим в жизни. Если во время эмбрионального периода что-то пойдет не так, то последствия будут грандиозными, со знаком «минус», конечно.

С эмбриональными периодами существует небольшая путаница. Дело в том, что так называется не только первый период беременности, но и весь период внутриутробного развития в целом, от зачатия до рождения. Чтобы не путаться, мы будем называть «эмбриональным периодом» исключительно первый период беременности, а весь период внутриутробного развития в целом – «внутриутробным периодом». Так проще и понятнее.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.