

В. И. Сивоглазов, И. Б. Агафонова,
Е. Т. Захарова

БИОЛОГИЯ

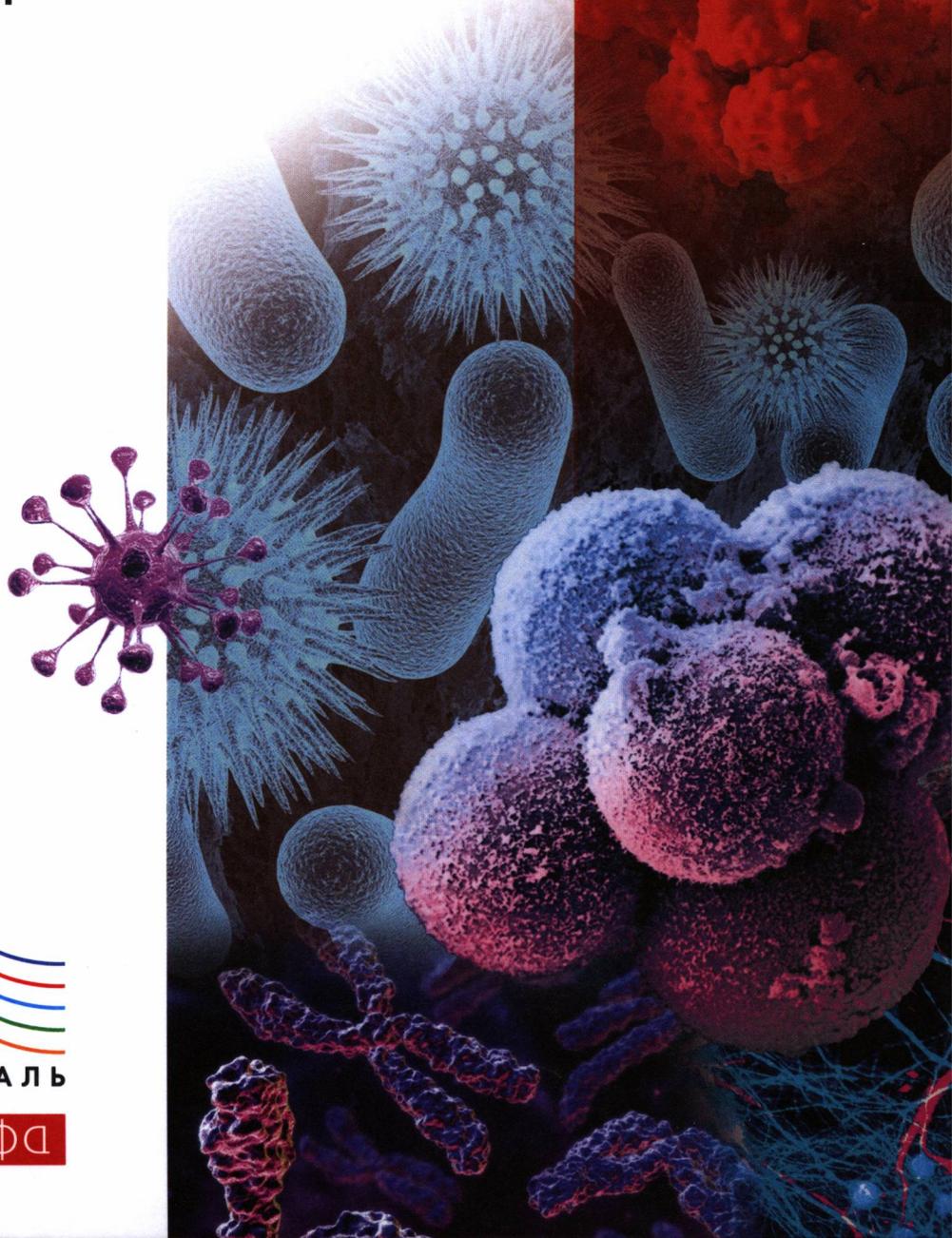
ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ



БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

10

класс



ВЕРТИКАЛЬ

ДРОФА

В. И. Сивоглазов, И. Б. Агафонова,
Е. Т. Захарова

БИОЛОГИЯ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Учебник

*Рекомендовано
Министерством образования и науки
Российской Федерации*



МОСКВА

 ДРОФА

2013

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

10

к л а с с



УДК 373.167.1:57
ББК 28.0я72
С34

**Учебник получил положительное заключение
Российской академии наук (№ 10106-5215/168 от 12.10.2012 г.)
и Российской академии образования (№ 01-5/7д-497 от 11.10.2012 г.)**

Разработка художественного оформления серии
Ю. В. Христича

Сивоглазов, В. И.

С34 Биология. Общая биология. 10 кл. Базовый уровень : учебник /
В. И. Сивоглазов, И. Б. Агафонова, Е. Т. Захарова. — М. : Дрофа,
2013. — 253, [3] с. : ил.

ISBN 978-5-358-11542-2

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту среднего (полного) общего образования, рекомендован Министерством образования и науки РФ и включен в Федеральный перечень учебников.

Учебник адресован учащимся 10 класса и рассчитан на преподавание предмета 1 или 2 часа в неделю.

Современное оформление, многоуровневые вопросы и задания, дополнительная информация и возможность параллельной работы с электронным приложением способствуют эффективному усвоению учебного материала.

**УДК 373.167.1:57
ББК 28.0я72**

- руются однополые цветки. Примерами однополых растений, у которых мужские и женские цветки образуются на разных особях, могут служить облепиха, ива, тополь. Такие растения называют двудомными. У некоторых растений, например у дуба, берёзы, лещины, и мужские, и женские цветки развиваются на одной особи (однодомные растения).

20. Образование половых клеток. Мейоз

Вспомните!

Где в организме человека происходит образование половых клеток? Какой набор хромосом содержат гаметы? Почему?

Для осуществления полового размножения необходимы специализированные клетки — *гаметы*, содержащие одинарный (гаплоидный) набор хромосом. При их слиянии (оплодотворении) происходит образование диплоидного набора, в котором каждая хромосома имеет пару — гомологичную хромосому. В каждой паре гомологичных хромосом одна хромосома получена от отца, а вторая — от матери.

У животных процесс образования половых клеток — *гаметогенез* — протекает в специальных органах — половых железах (гонадах). У большинства животных мужские половые клетки (сперматозоиды) образуются в семенниках, женские гаметы (яйцеклетки) — в яичниках. Развитие яйцеклеток называют *овогенезом* или *оогенезом*, а сперматозоидов — *сперматогенезом*.

Строение половых клеток.

Яйцеклетки — это относительно крупные неподвижные клетки округлой формы. У некоторых рыб, пресмыкающихся и птиц они содержат большой запас питательных веществ в виде желтка и имеют размеры от 10 мм до 15 см. Яйцеклетки млекопитающих, в том числе и человека, гораздо мельче (0,1—0,3 мм) и желтка практически не содержат.

Сперматозоиды — мелкие подвижные клетки, у человека их длина всего около 60 мкм.

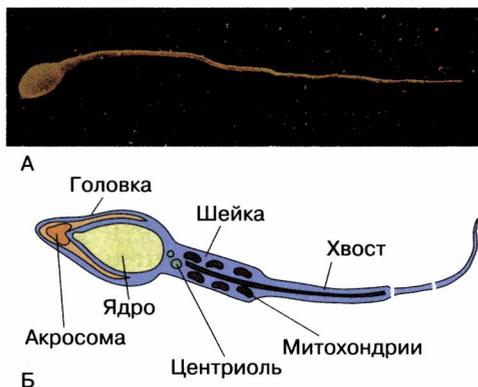


Рис. 63. Сперматозоид млекопитающего: А — электронная фотография; Б — схема строения

У разных организмов они отличаются формой и размерами, но, как правило, все сперматозоиды имеют головку, шейку и хвост, обеспечивающий их подвижность. В головке сперматозоида находится ядро, содержащее хромосомы, и акросома — особый пузырёк с ферментами, необходимыми для растворения оболочки яйцеклетки. В шейке сосредоточены митохондрии, которые обеспечивают движущийся сперматозоид энергией (рис. 63). ■

■ Сперматозоиды впервые были описаны голландским естествоиспытателем А. Левенгуком в 1677 г. Он же и ввёл этот термин — сперматозоид (от греч. *sperma* — семя и *zoon* — живое существо), т. е. живое семя. Яйцеклетка млекопитающих была открыта в 1827 г. российским учёным К. М. Бэр.

Образование половых клеток. Развитие половых клеток подразделяют на несколько стадий: размножение, рост, созревание, а в процессе сперматогенеза выделяют ещё и стадию формирования (рис. 64).

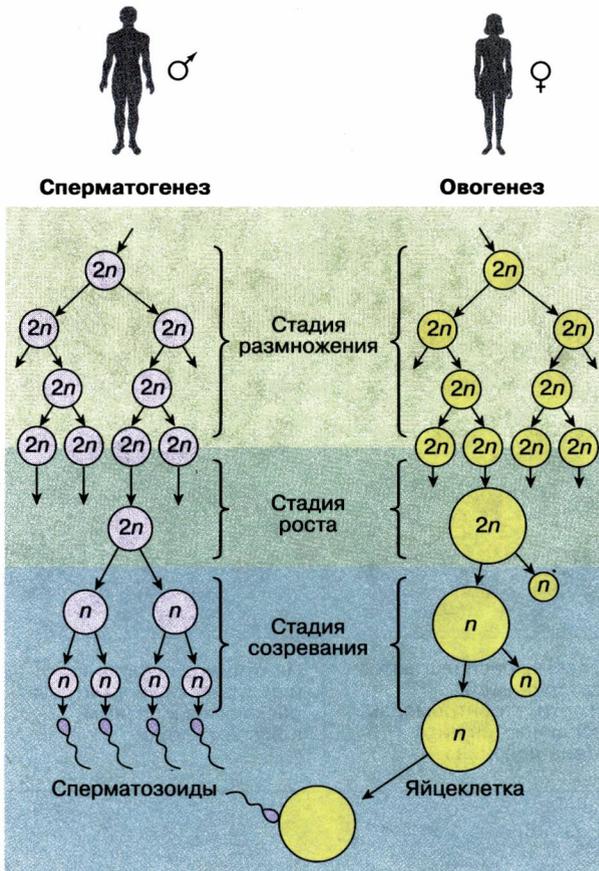
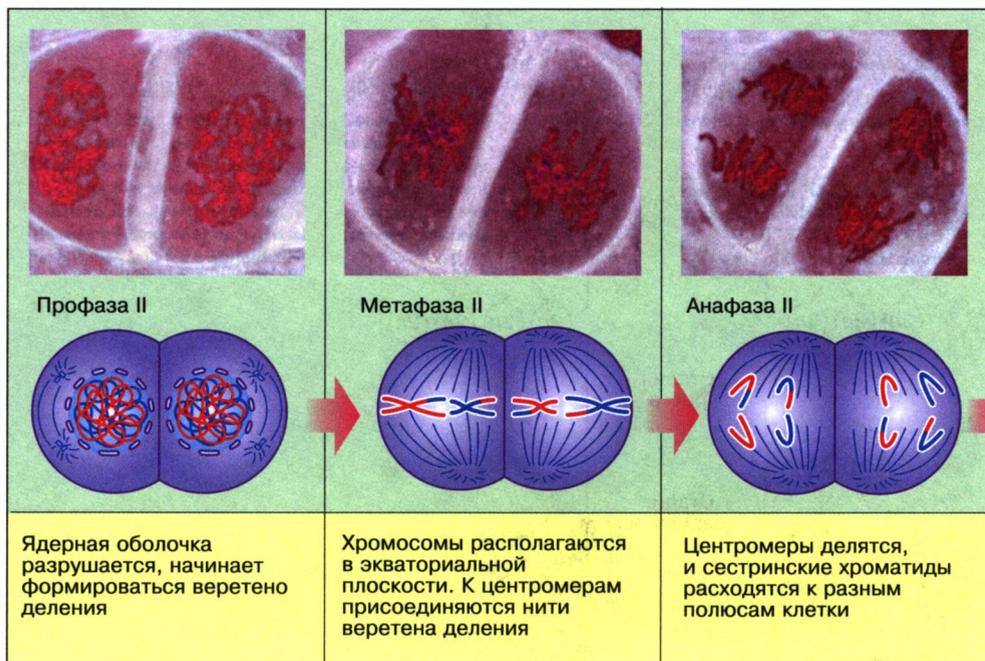
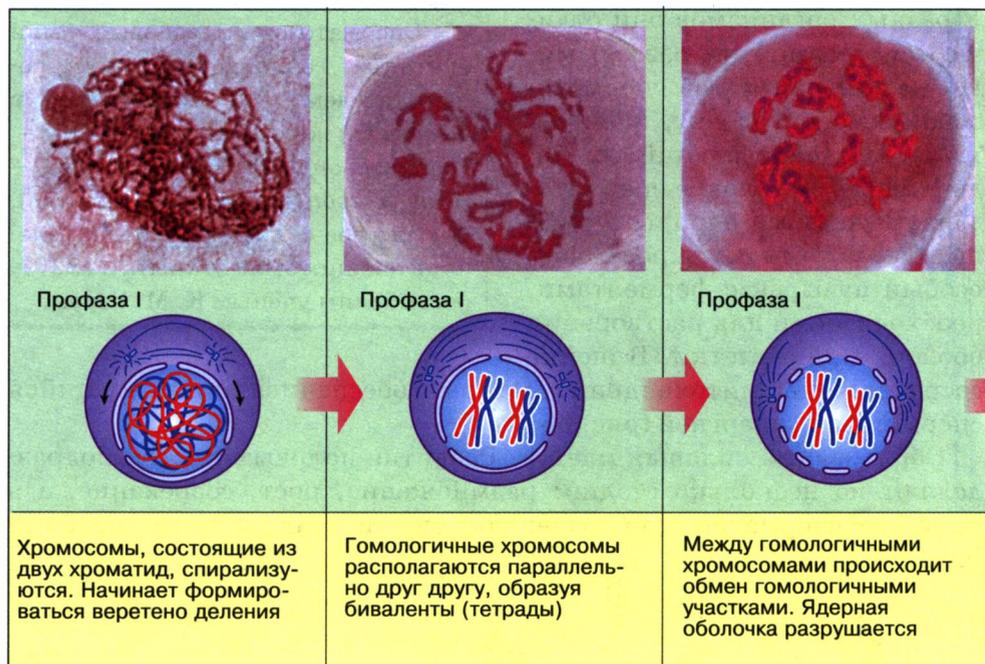


Рис. 64. Гаметогенез у человека



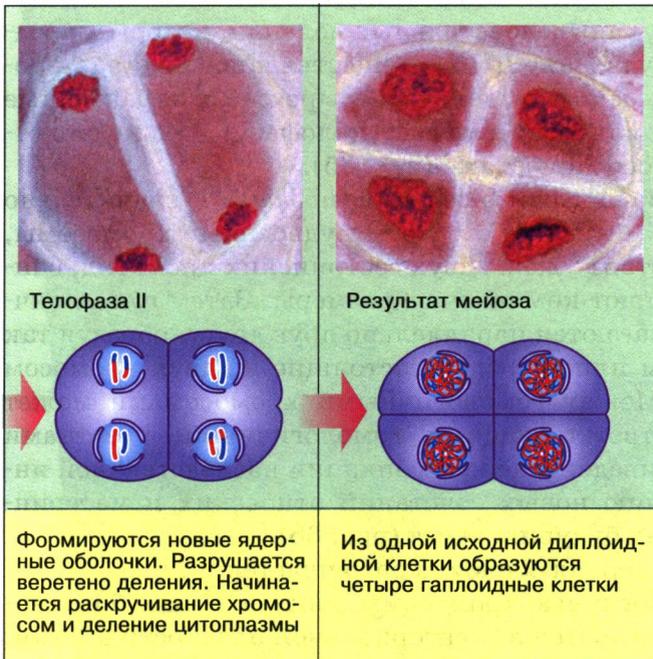
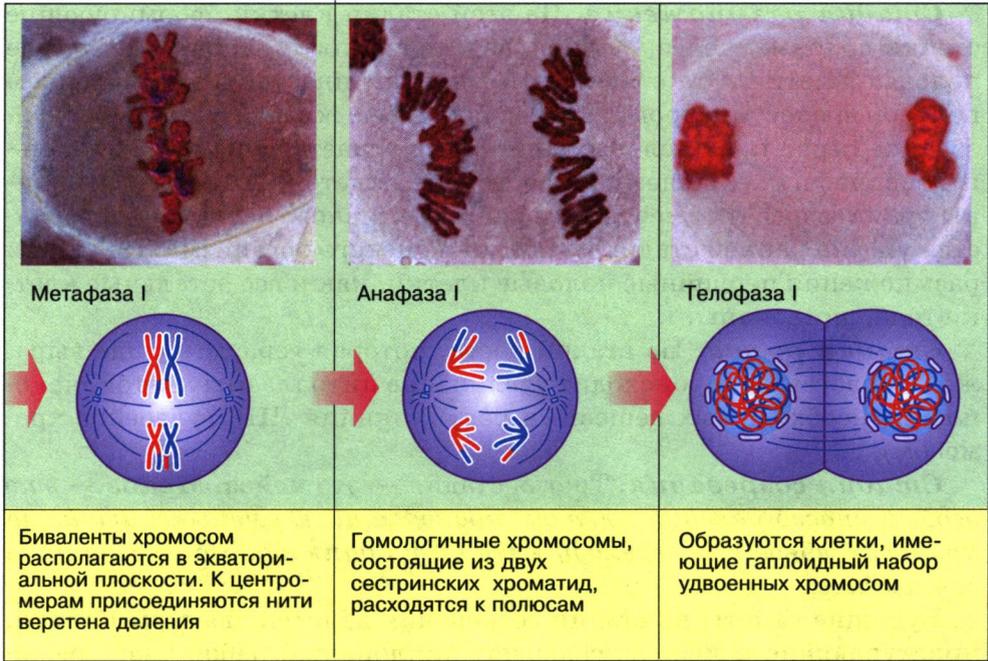


Рис. 65. Фазы мейоза

Стадия размножения. На этой стадии клетки, формирующие стенки половых желёз, активно делятся митозом, образуя незрелые половые клетки. Эта стадия у мужчин начинается с наступлением половой зрелости и продолжается почти всю жизнь. У женщин образование первичных половых клеток завершается ещё в эмбриональном периоде, т. е. общее количество яйцеклеток, которые у женщины будут созревать в течение её репродуктивного периода, определяется уже на ранней стадии развития женского организма. На стадии размножения первичные половые клетки, как и все остальные клетки тела, диплоидны.

Стадия роста. На стадии роста, которая гораздо лучше выражена в овогенезе, происходит увеличение цитоплазмы клеток, накопление необходимых веществ и редупликация ДНК (удвоение хромосом).

Стадия созревания. Третья стадия — это мейоз. *Мейоз* — это особый способ деления клеток, приводящий к уменьшению числа хромосом вдвое и к переходу клетки из диплоидного состояния в гаплоидное.

Будущие гаметы на стадии созревания делятся дважды. Клетки, приступающие к мейозу, содержат диплоидный набор уже удвоенных хромосом. В процессе двух мейотических делений из одной диплоидной клетки образуются четыре гаплоидные.

Мейоз состоит из двух последовательных делений, которым предшествует однократное удвоение ДНК, осуществлённое на стадии роста. В каждом делении мейоза выделяют четыре фазы, характерные и для митоза (профазу, метафазу, анафазу, телофазу), однако они отличаются некоторыми особенностями (рис. 65).

Профаза первого мейотического деления (*профаза I*) значительно длиннее, чем профазы митоза. В это время удвоенные хромосомы, каждая из которых состоит уже из двух сестринских хроматид, спирализуются и приобретают компактные размеры. Затем гомологичные хромосомы располагаются параллельно друг другу, образуя так называемые биваленты или тетрады, состоящие из двух хромосом (четырёх хроматид). Между гомологичными хромосомами может произойти обмен соответствующими гомологичными участками (кроссинговер), что приведёт к рекомбинации наследственной информации и образованию новых сочетаний отцовских и материнских генов в хромосомах будущих гамет (рис. 66).

К концу профазы I ядерная оболочка разрушается.

В *метафазе I* гомологичные хромосомы попарно в виде бивалентов, или тетрад, располагаются в экваториальной плоскости клетки, и к их центромерам присоединяются нити веретена деления.

В *анафазе I* гомологичные хромосомы из бивалента (тетрады) расходятся к полюсам. Следовательно, в каждую из двух образующихся

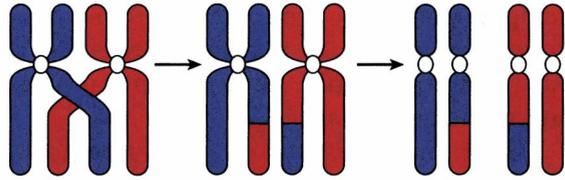


Рис. 66. Перекрёст хромосом и обмен гомологичными участками

клеток попадает только одна из каждой пары гомологичных хромосом — число хромосом уменьшается в два раза, хромосомный набор становится гаплоидным. Однако каждая хромосома при этом всё ещё состоит из двух сестринских хроматид.

В *телофазе I* образуются клетки, имеющие гаплоидный набор хромосом и удвоенное количество ДНК.

Спустя короткий промежуток времени клетки приступают ко второму мейотическому делению, которое протекает как типичный митоз, но отличается тем, что участвующие в нём клетки гаплоидны.

В *профазе II* разрушается ядерная оболочка. В *метафазе II* хромосомы выстраиваются в экваториальной плоскости клетки, нити веретена деления соединяются с центромерами хромосом. В *анафазе II* центромеры, соединяющие сестринские хроматиды, делятся, хроматиды становятся самостоятельными дочерними хромосомами и расходятся к разным полюсам клетки. *Телофаза II* завершает второе деление мейоза.

В результате мейоза из одной исходной диплоидной клетки, содержащей удвоенные молекулы ДНК, образуется четыре гаплоидные клетки, каждая хромосома которых состоит из одиночной молекулы ДНК.

При сперматогенезе на стадии созревания в результате мейоза образуется четыре одинаковые клетки — предшественники сперматозоидов, которые на стадии формирования приобретают характерный вид зрелого сперматозоида и становятся подвижными.

Мейотические деления в овогенезе характеризуются рядом особенностей. Профаза I завершается ещё в эмбриональном периоде, т. е. к моменту рождения девочки в её организме уже имеется полный набор будущих яйцеклеток. Остальные события мейоза продолжаются только после полового созревания женщины. Каждый месяц в одном из яичников у женщины продолжает развитие одна из остановившихся в своем делении клеток. В результате первого деления мейоза образуется крупная клетка — предшественник яйцеклетки и маленькое, так называемое полярное, тельце, которые вступают во второе деление мейоза. На стадии метафазы II предшественница яйцеклетки овулирует, т. е. выходит из яичника в брюшную полость, откуда попадает в яйцевод. Если происходит оплодотворение,

второе мейотическое деление завершается — образуется зрелая яйцеклетка и второе полярное тельце. Если слияния со сперматозоидом не происходит, не закончившая деление клетка погибает и выводится из организма.

Полярные тельца служат для удаления избытка генетического материала и перераспределения питательных веществ в пользу яйцеклетки. Спустя некоторое время после деления они погибают.

Значение гаметогенеза. В результате гаметогенеза образуются половые клетки, содержащие гаплоидный набор хромосом, что позволяет при оплодотворении восстанавливать число хромосом, характерное для вида. В отсутствие мейоза слияние гамет приводило бы к удвоению числа хромосом у каждого последующего поколения, возникающего в результате полового размножения. Этого не происходит благодаря существованию особого процесса — мейоза, во время которого диплоидное число хромосом ($2n$) сокращается до гаплоидного ($1n$). Таким образом, биологическая роль мейоза заключается в поддержании постоянства числа хромосом в ряду поколений вида.

Вопросы для повторения и задания

1. Сравните строение мужских и женских половых клеток. В чём их сходство и отличия?
2. От чего зависит размер яйцеклеток? Объясните, почему яйцеклетки млекопитающих — одни из самых мелких.
3. Какие периоды выделяют в процессе развития половых клеток?
4. Расскажите, как протекает период созревания (мейоз) в процессе сперматогенеза; овогенеза.
5. Перечислите отличия мейоза от митоза.
6. В чём заключается биологический смысл и значение мейоза?

Подумайте! Выполните!

1. Организм развился из неоплодотворённой яйцеклетки. Являются ли его наследственные признаки точной копией признаков материнского организма?
2. Объясните, почему для обозначения мужских половых клеток существует два термина: спермии (например, у покрытосеменных растений) и сперматозоиды.

● Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Повторите и вспомните!

Человек

Половые клетки. Образование сперматозоидов у мужчин начинается с момента полового созревания. Длительность всех четырёх фаз сперматогенеза составляет около 80 дней. За всю жизнь в организме мужчины образуется огромное количество сперматозоидов — до 10^{10} .

Несмотря на то что в женском эмбрионе закладывается очень много яйцеклеток, созревают из них лишь немногие. За репродуктивный период, т. е. когда женщина способна к деторождению, окончательно формируются около 400 яйцеклеток.

Развитие половых клеток (овогенез и сперматогенез) определяет здоровье будущего поколения. Курение, употребление алкогольных напитков, наркотических препаратов может оказать необратимое влияние на формирующиеся половые клетки, что в дальнейшем приведёт к бесплодию или рождению ребёнка с наследственными или врождёнными нарушениями.

21. Оплодотворение

Вспомните!

Какой набор хромосом имеет зигота?

Для каких животных характерно наружное оплодотворение?

У каких организмов существует двойное оплодотворение?

Для осуществления полового размножения организму недостаточно просто сформировать половые клетки — гаметы, надо обеспечить возможность их встречи. *Процесс слияния сперматозоида и яйцеклетки, сопровождающийся объединением их генетического материала, называют **оплодотворением***. В результате оплодотворения образуется диплоидная клетка — *зигота*, активация и дальнейшее развитие которой приводит к формированию нового организма. При слиянии половых клеток разных особей осуществляется *перекрёстное оплодотворение*, а при объединении гамет, продуцируемых одним организмом, — *самооплодотворение*.

Существует два основных типа оплодотворения — наружное (внешнее) и внутреннее.

Наружное оплодотворение. При наружном оплодотворении половые клетки сливаются вне организма самки. Например, рыбы мечут

икру (яйцеклетки) и молоку (сперму) прямо в воду, где происходит наружное оплодотворение. Подобным образом осуществляется размножение у земноводных, многих моллюсков и некоторых червей. При наружном оплодотворении встреча яйцеклетки и сперматозоида зависит от самых разных факторов внешней среды, поэтому при таком типе оплодотворения организмы обычно образуют огромное количество половых клеток. Например, озёрная лягушка откладывает до 11 тыс. яиц, атлантическая сельдь вымётывает около 200 тыс. икринок, а рыба-луна — почти 30 млн.

Внутреннее оплодотворение. При внутреннем оплодотворении встреча гамет и их слияние происходит в половых путях самки. Благодаря согласованному поведению самца и самки и наличию специальных совокупительных органов мужские половые клетки поступают непосредственно в женский организм. Так происходит оплодотворение у всех наземных и некоторых водных животных. В этом случае вероятность успешного оплодотворения высока, поэтому половых клеток у таких особей гораздо меньше.

Количество половых клеток, которые образует организм, зависит также от степени заботы родителей о потомстве. Например, треска вымётывает 10 млн икринок и никогда не возвращается к месту кладки, африканская рыбка тилипия, вынашивающая икру во рту, — не более 100 икринок, а млекопитающие, обладающие сложным родительским поведением, обеспечивающим заботу о потомстве, рожают всего одного или нескольких детёнышей.

■ Яйцеклетки большинства млекопитающих сохраняют способность к оплодотворению в течение ограниченного времени после овуляции, как правило, не более 24 часов. Сперматозоиды, покинувшие мужскую половую систему, живут тоже очень недолго. Так, у большинства рыб сперматозоиды погибают в воде уже спустя 1—2 минуты, в половых путях кролика живут до 30 часов, у лошадей 5—6 суток, а у птиц до 3 недель. Сперматозоиды человека во влагалище женщины гибнут спустя 2,5 часа, но те, которые успевают добраться до матки, сохраняют жизнеспособность в течение двух и более суток. Существуют в природе и исключительные случаи, например сперматозоиды пчёл сохраняют способность к оплодотворению в семяприёмнике самок в течение нескольких лет.

У человека, как и у всех остальных млекопитающих, оплодотворение происходит в яйцеводах, по которым яйцеклетка движется по направлению к матке. Сперматозоиды преодолевают огромное расстояние до встречи с яйцеклеткой, и лишь один из них проникает в яйцеклетку. После проникновения сперматозоида яйцеклетка формирует на поверхности толстую оболочку, непроницаемую для остальных сперматозоидов.

Если оплодотворение произошло, яйцеклетка завершает своё мейотическое деление (§ 20) и два гаплоидных ядра сливаются в зиготе, объединяя генетический материал отцовского и материнского организмов. Образуется уникальная комбинация генетического материала нового организма. ■

Оплодотворённая яйцеклетка может развиваться в теле материнского организма, как это происходит у плацентарных млекопитающих, или во внешней среде, как у птиц и пресмыкающихся. Во втором случае она покрывается специальными защитными оболочками (яйца птиц и пресмыкающихся). ■

Одним из главных механизмов, который обеспечивает оплодотворение строго внутри вида, является соответствие числа и строения хромосом жен-

ских и мужских гамет, а также химическое сродство цитоплазмы яйцеклетки и ядра сперматозоида. Даже если чужеродные половые клетки и соединяются при оплодотворении, это, как правило, приводит к ненормальному развитию зародыша или к рождению стерильных гибридов, т. е. особей, неспособных к деторождению.

Двойное оплодотворение. Особый тип оплодотворения характерен для цветковых растений. Он был открыт в конце XIX в. русским учёным Сергеем Гавриловичем Навашиным и получил название *двойного оплодотворения* (рис. 67).

Во время опыления пыльца попадает на рыльце пестика. Пыльцевое зерно (мужской гаметофит) состоит всего из двух клеток. Генеративная клетка делится, образуя два неподвижных спермия, а вегетативная клетка, прорастая внутрь пестика, формирует пыльцевую трубку. В завязи пестика развивается женский гаметофит — зародышевый мешок с восемью гаплоидными ядрами. Два из них сливаются, формируя центральное диплоидное ядро. В результате дальнейшего деления цитоплазмы зародышевого мешка образуется семь клеток: яйцеклетка, центральная диплоидная клетка и пять вспомогательных.

■ У некоторых видов организмов встречается особая форма полового размножения — без оплодотворения. Такое развитие называют *партеногенезом* (от греч. *partenos* — девственница, *genesis* — возникновение) или девственным развитием. В этом случае дочерний организм развивается из неоплодотворённой яйцеклетки на основе генетического материала одного из родителей, и образуются особи только одного пола. Естественный партеногенез даёт возможность резкого увеличения численности потомства и существует в тех популяциях, где контакт разнополых особей затруднён. Партеногенез встречается у животных разных систематических групп: у пчёл, тлей, низших ракообразных, скальных ящериц и даже у некоторых птиц (индеек).

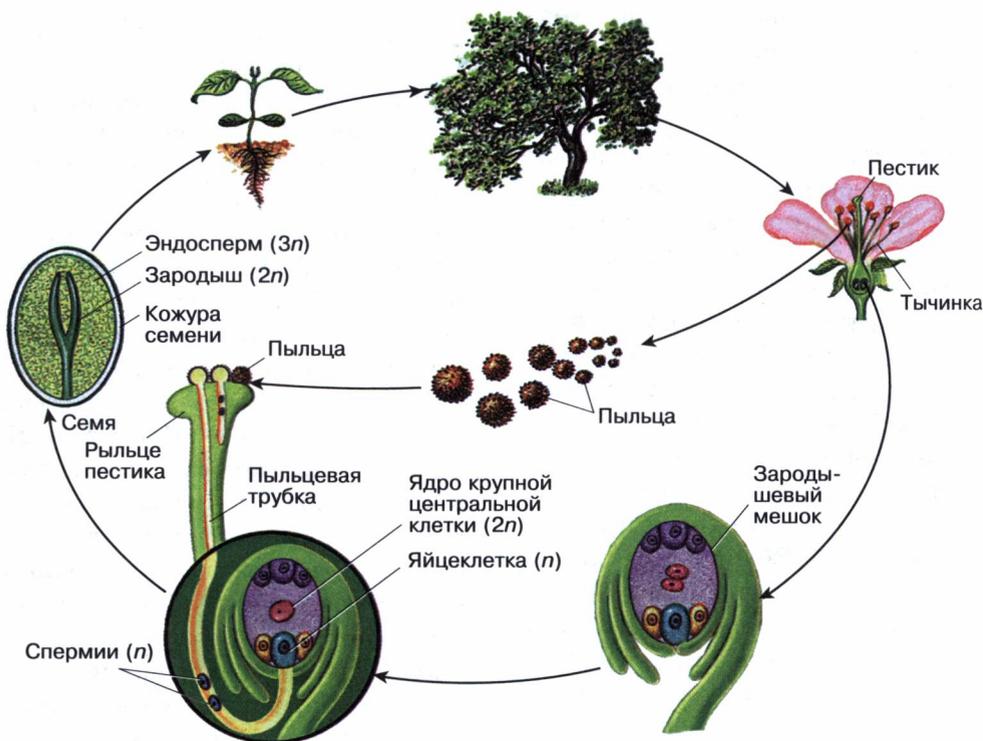


Рис. 67. Двойное оплодотворение у цветковых растений

После того как пыльцевая трубка прорастает в основание пестика, спермии, находящиеся внутри неё, проникают в зародышевый мешок. Один спермий оплодотворяет яйцеклетку, — возникает диплоидная зигота; из неё в дальнейшем развивается зародыш. Другой спермий сливается с ядром крупной центральной диплоидной клетки, образуя клетку с тройным хромосомным набором (триплоидную), из которой затем формируется эндосперм — питательная ткань для зародыша. Таким образом, у покрытосеменных растений в оплодотворении участвует два спермия, т. е. осуществляется двойное оплодотворение.

Искусственное оплодотворение. Большое значение в современном сельском хозяйстве имеет искусственное оплодотворение, приём, который широко применяется в селекции при выведении и улучшении пород животных и сортов растений. В животноводстве при помощи искусственного осеменения можно получить многочисленное потомство от одного выдающегося производителя. Сперма таких животных хранится в специальных низкотемпературных условиях

и сохраняет жизнеспособность в течение долгого времени (десятки лет).

Искусственное опыление в растениеводстве позволяет осуществлять определённое, заранее запланированное скрещивание и получать сорта растений с необходимым сочетанием родительских свойств.

В современной медицине при лечении бесплодия используется искусственное оплодотворение спермой донора и экстракорпоральное (внетелесное) оплодотворение — метод, разработанный впервые в 1978 г. и известный под названием «ребёнок из пробирки». Этот метод заключается в оплодотворении яйцеклеток вне организма и последующем переносе их назад в матку для продолжения нормального развития. ■

■ К 2010 г. с помощью экстракорпорального оплодотворения было зачато уже около 4 млн детей. Однако использование донорской спермы, донорских яйцеклеток и даже суррогатных матерей порождает целый ряд этических и социальных проблем. Многие люди, опираясь на религиозные и моральные соображения, выступают против любых вмешательств в размножение человека, в том числе против экстракорпорального и искусственного оплодотворения.

Вопросы для повторения и задания

1. Что такое оплодотворение?
2. Какие типы оплодотворения вы знаете?
3. В чём заключается процесс двойного оплодотворения?
4. Каково значение искусственного оплодотворения в растениеводстве и животноводстве?

Подумайте! Выполните!

1. Как вы считаете, в чём преимущество двойного оплодотворения у покрытосеменных растений по сравнению с оплодотворением у голосеменных?
2. Достаточно ли знать, что в размножении участвует только одна особь, чтобы сделать вывод о том, что это размножение — бесполое?
3. Объясните, почему при экстракорпоральном оплодотворении часто рождаются близнецы.
4. Организуйте и проведите дискуссию «Экстракорпоральное оплодотворение: за и против».

● *Работа с компьютером*

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Повторите и вспомните!

Растения

Опыление. Двойному оплодотворению у цветковых растений предшествует *опыление* — перенос пыльцы (пыльцевых зёрен) на рыльце пестика. Опыление осуществляется различными способами. Если пыльца цветка попадает на рыльце пестика этого же цветка, происходит *самоопыление*. Перенос пыльцы на рыльце пестика другого цветка называют *перекрёстным опылением*.

Самоопыление характерно для небольшого числа цветковых растений. Учёные считают, что самоопыление возникло вторично, когда какие-то обстоятельства стали препятствовать осуществлению перекрёстного опыления. Биологически самоопыление менее выгодно, поскольку при этом не происходит обмен генетической информации между различными особями вида.

Перекрёстное опыление распространено у покрытосеменных растений гораздо шире, чем самоопыление. Биологически перекрёстное опыление более благоприятно, чем самоопыление, потому что оно даёт возможность объединять генетическую информацию разных особей. Появляются потомки, отличающиеся от родительских особей. Это способствует приспособлению вида к изменяющимся условиям обитания.

Перекрёстное опыление может осуществляться различными способами. Условно их можно разделить на две группы: абиотическое опыление (при помощи ветра или воды) и биотическое (при помощи животных). В роли опылителей могут выступать разные животные: насекомые, птицы, млекопитающие.

22. Индивидуальное развитие организмов

Вспомните!

Из каких периодов складывается индивидуальное развитие организма?
Что такое развитие с метаморфозом?
Для каких организмов характерен такой тип развития?

Индивидуальное развитие особи, всю совокупность её преобразований от возникновения до конца жизни называют онтогенезом. Согласно современным научным представлениям, в клетке, с которой начинается онтогенез особи, заложена определённая программа дальнейшего развития организма. В процессе онтогенеза эта наслед-

ственная программа реализуется путём взаимодействия ядра и цитоплазмы каждой клетки, отдельных клеток друг с другом и тканей между собой. В результате этих сложных взаимоотношений на основе имеющейся генетической информации и в зависимости от внешних условий формируется конкретная индивидуальность особи.

У бактерий и одноклеточных эукариотических организмов онтогенез начинается в момент образования организма в результате деления материнской клетки и завершается или гибелью клетки, или очередным делением организма, т. е., по сути, совпадает с клеточным циклом.

У многоклеточных организмов, которые размножаются бесполом путём, онтогенез начинается с обособления одной или нескольких клеток материнского организма, дающих начало новой особи.

У организмов, размножающихся половым путём, индивидуальное развитие начинается с момента оплодотворения и образования зиготы и подразделяется на два периода: эмбриональный (период зародышевого развития) и постэмбриональный (период послезародышевого развития). Соотношение длительности этих периодов у организмов разных видов может сильно отличаться.

Эмбриональный период (эмбриогенез). Этот период длится от момента образования зиготы до выхода зародыша из яйца или рождения. Он протекает в несколько этапов (рис. 68). На первой стадии, которая называется *дроблением*, оплодотворённая яйцеклетка делится митозом, в результате чего получается 2, 4, 8, 16 и т. д. клеток, которые плотно прилегают друг к другу. Интерфаза между делениями очень короткая, клетки не растут, поэтому процесс дробления происходит очень быстро. Заканчивается дробление образованием *бластулы* — полового шарика, стенка которого состоит из одного слоя клеток. Далее на одном из полюсов бластулы клетки начинают делиться более активно и углубляются внутрь шарообразного зародыша, образуя впячивание. В результате этого процесса формируется двухслойный зародыш — *гастрола*. Два слоя клеток, образующих её стенки, называются *зародышевыми листками*: наружный листок — *эктодерма* и внутренний — *энтодерма*.

У всех животных, кроме губок и кишечнополостных, при дальнейшем развитии зародыша между эктодермой и энтодермой образуется третий зародышевый листок — *мезодерма*.

Дальнейшее развитие зародыша связано с взаимодействием трёх зародышевых листков, из которых формируются все ткани и органы организма. Развитие систем органов зародыша — *органогенез* — происходит в определённой последовательности. У хордовых животных он начинается с образования зачатка хорды и нервной системы. На спинной стороне зародыша происходит обособление группы клеток эктодермы в виде длинной пластинки. Эти клетки начинают ак-

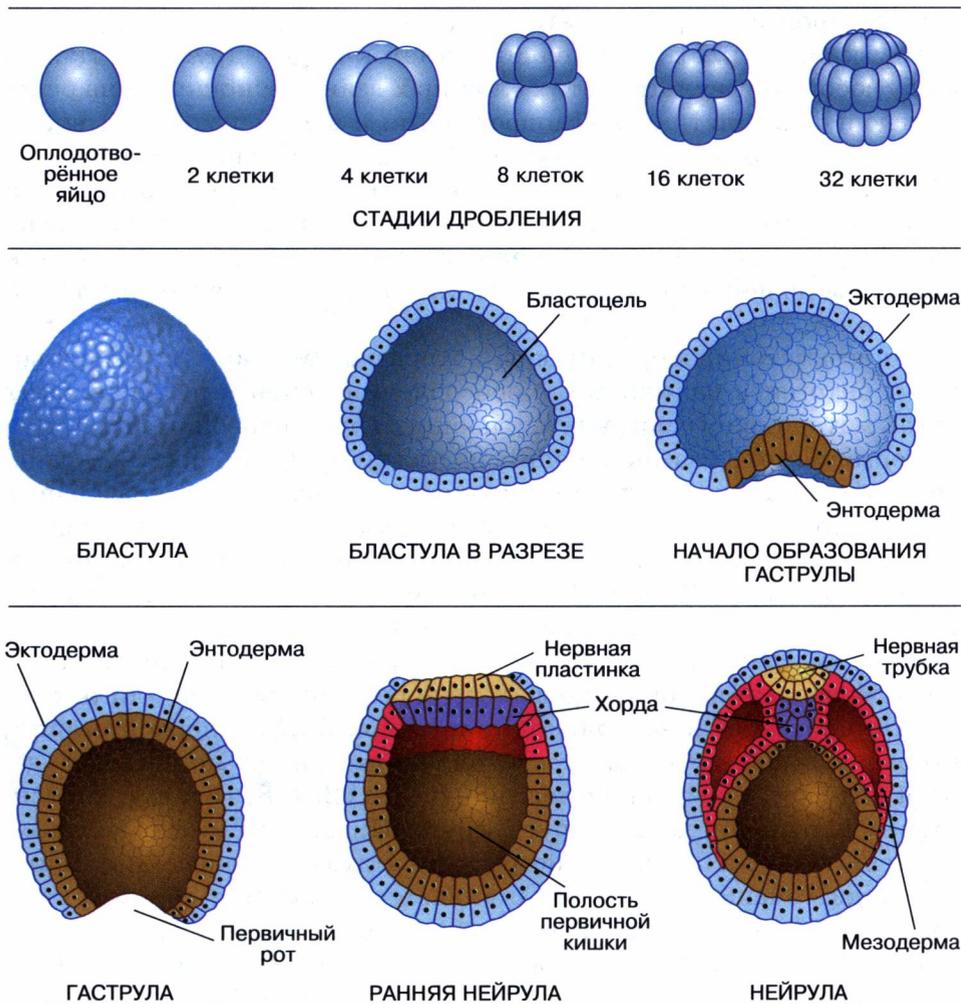


Рис. 68. Дробление оплодотворённого яйца ланцетника и образование зародышевых листков

тивно делиться, погружаясь в тело зародыша и образуя желобок, края которого постепенно сближаются, а затем смыкаются, формируя первичную нервную трубку.

Кроме нервной системы из эктодермы возникают также кожные железы, эмаль зубов, волосы, ногти, кожный эпителий. Энтодерма даёт начало тканям, выстилающим кишечник и дыхательные пути, образует печень и поджелудочную железу. Из мезодермы образуются мышцы, хрящевой и костный скелет, органы выделительной, половой и кровеносной систем организма.

В процессе эмбриогенеза между частями развивающегося зародыша существует тесное взаимодействие: зачаток одного органа или си-

стемы органов определяет (индуцирует) местоположение и время образования другого органа или системы органов. ■

Дифференцировка клеток зародыша возникает не сразу, а на определённом этапе развития. На ранних стадиях дробления клетки зародыша ещё не специализированы, поэтому каждая из них может дать начало целому организму. Если по какой-либо причине эти клетки разъединяются, образуются два одинаковых эмбриона, содержащих идентичную генетическую информацию, каждый из которых развивается в полноценную особь. В итоге рождаются однояйцевые, или монозиготные, близнецы. В человеческой популяции это единственные люди, имеющие идентичный генотип и являющиеся копиями друг друга. ■

Постэмбриональный период. Этот период начинается с момента рождения организма и заканчивается его смертью.

Различают непрямой и прямой типы постэмбрионального развития.

Непрямое развитие. Непрямой, или личиночный, тип развития характерен для многих беспозвоночных и некоторых позвоночных животных (рыб и земноводных). Это предполагает рождение особи, порой совершенно непохожей на взрослый организм. В процессе непрямого развития особь проходит через одну или несколько личиночных стадий (головастик у лягушки, гусеница у бабочки) (рис. 69). Личинки ведут самостоятельную жизнь, активно питаются, растут и развиваются. По истечении определённого времени личинка превращается во взрослую особь — происходит *метаморфоз*, поэтому иногда этот тип развития называют

■ Взаимовлияние частей зародыша было продемонстрировано в многочисленных экспериментах. Немецкие исследователи Ханс Шпеман и Хилд Мангольд брали у зародыша тритона на стадии ранней гаструлы участок спинной стороны тела, из которого в дальнейшем должна была развиваться хорда и мезодерма, и пересаживали его на брюшную сторону другой гаструлы. В результате на брюшной стороне второго зародыша из клеток, которые должны были дать начало кожным покровам, формировалась дополнительная нервная трубка. Это явление получило название *эмбриональной индукции*.

■ У некоторых животных зародыш на ранней стадии развития делится на несколько фрагментов. При этом каждый из образовавшихся фрагментов даёт начало полноценному организму. В результате все детёныши одного поколения оказываются абсолютными копиями друг друга. Такой тип размножения характерен для броненосцев. Поэтому в помёте девятипоясного броненосца тату всегда чётное количество однополых детёнышей.



Рис. 69. Последовательные стадии метаморфоза у лягушки (снизу вверх): головастики в икринках, начало метаморфоза, лягушонок с остатками хвоста

развитием с метаморфозом. При метаморфозе разрушаются личиночные органы и возникают органы, присущие взрослым животным.

Для многих видов наличие личиночной стадии в процессе развития — это возможность расселения и отсутствие конкуренции особей разного возраста за место обитания и пищу.

Прямое развитие. Такой тип развития характерен для организмов, детёныши которых рождаются уже похожими на взрослых особей. Только что вылупившийся утёнок, родившийся щенок или ребёнок человека отличается от взрослого меньшими размерами, несколько иными пропорциями тела и недоразвитием некоторых систем органов, например половой. Прямое развитие бывает яйцекладное или внутриутробное.

Неличиночный, или яйцекладный, тип развития характерен для пресмыкающихся, птиц, яйцекладущих млекопитающих и ряда беспозвоночных. Яйца этих организмов богаты питательными веществами (желтком), и зародыш может длительное время развиваться внутри яйца.

Внутриутробный тип развития характерен для всех высших млекопитающих, в том числе и человека. Все жизненные функции зародыша при этом типе развития осуществляются посредством взаимодействия с материнским организмом через специальный орган — плаценту.

Зародышевое развитие заканчивается процессом рождения. После рождения обычно наблюдается активный рост организма, т. е. увеличение его размеров и массы. Большинство животных, взрослея, растут всё медленнее и, достиг-

нуж определённого возраста, расти перестают. Такой тип роста называют *определённым*. При *неопределённом* типе роста организмы растут всю жизнь, как, например, моллюски, рыбы и земноводные. После завершения активного роста организм вступает в стадию зрелости, которая связана с деторождением. Заканчивается процесс индивидуального развития старением и смертью.

Вопросы для повторения и задания

1. Что называют индивидуальным развитием организма? Дайте определение этого понятия.
2. Перечислите периоды онтогенеза.
3. Какое развитие называют эмбриональным, а какое — постэмбриональным?
4. Какие существуют типы постэмбрионального развития организма? Приведите примеры.
5. В чём заключается биологическое значение метаморфоза?
6. Расскажите о зародышевых листках.
7. Что такое дифференцировка клеток? Как вы думаете, что может стать причиной нарушения дифференцировки клеток в процессе развития?
8. Охарактеризуйте понятие «рост». Что такое определённый рост; неопределённый рост? Какой тип роста характерен для растительных организмов?

Подумайте! Выполните!

1. Почему из равноценных в начале развития зародышевых клеток образуются разные ткани и органы?
2. Известны ли вам виды организмов, чей период эмбрионального развития более продолжителен, чем постэмбриональный? Если да, то объясните, с чем связаны такие особенности.
3. Как вы понимаете следующее высказывание: «В построении любого органа или части организма принимают участие производные нескольких зародышевых листков»? Приведите примеры, доказывающие это утверждение.
4. Вспомните из предыдущих курсов биологии, чем отличается развитие яйцекладущих млекопитающих (подкласс Первозвери) и представителей инфракласса Низшие звери (отряд Сумчатые) от развития остальных млекопитающих (инфракласс Высшие звери).

● Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Повторите и вспомните!

Растения

Жизненный цикл растений: чередование поколений. В жизненном цикле каждого растения, имеющего половое размножение, происходит смена ядерных фаз — гаплоидной и диплоидной. Если органы полового и бесполого размножения образуются на разных растениях, имеет место чередование поколений — полового и бесполого. Происходит последовательная смена двух типов организмов: гаплоидное поколение (гаметофит) и диплоидное поколение (спорофит) поочередно сменяют друг друга (рис. 70). Половое гаплоидное поколение, образующее в половых органах гаметы, называют гаметофитом, так как оно способно к половому размножению. На гаметофитах образуются половые органы — гаметангии, в которых в процессе митоза формируются гаплоидные гаметы. Гаметангий высших растений, в котором образуется яйцеклетка, называют архегонием. Сперматозоиды образуются в антеридиях. У большинства семенных растений мужские гаметы в процессе эволюции утратили жгутики и способны только к пассивному передвижению. Такие мужские гаметы называют спермиями.

Сливаясь, гаметы образуют диплоидную зиготу, из которой вырастает бесполое диплоидное поколение — спорофит. На спорофите в спорангиях в результате мейоза образуются гаплоидные споры.

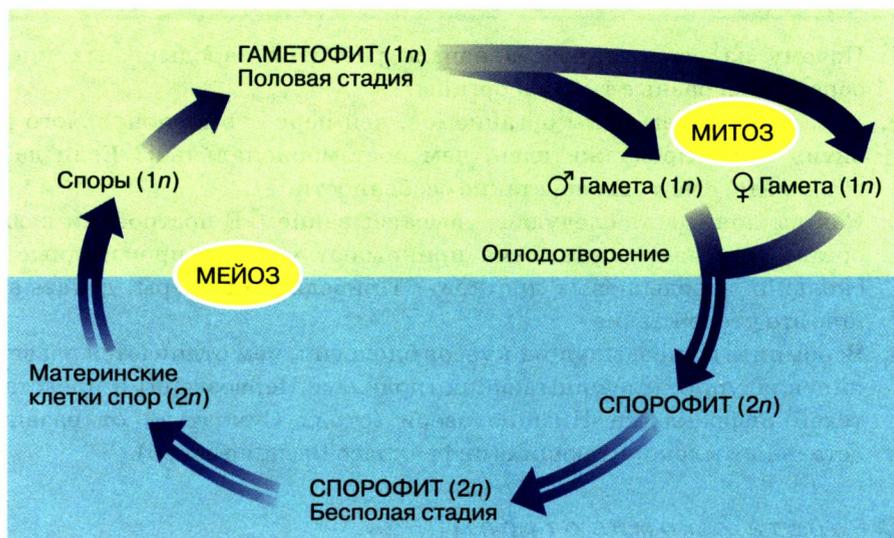


Рис. 70. Чередование поколений спорофита и гаметофита в жизненном цикле растений (схема)

Из спор вырастают гаплоидные гаметофиты, т. е. происходит возврат к гаплоидному поколению. Таким образом, чередование поколений у растений сопровождается также чередованием пloidности.

Животные

Насекомые с полным и неполным превращением. По типу развития насекомых разделяют на две группы — с неполным и полным превращением (метаморфозом).

При развитии с *неполным превращением* в жизненном цикле насекомого сменяются следующие стадии: яйцо — личинка — взрослое насекомое (имаго). Личинка, вылупившаяся из яйца, похожа на взрослое насекомое. У них общий план строения тела, один и тот же тип ротового аппарата, а следовательно, и сходный тип питания, и обитают они обычно в одинаковых экологических условиях. Личинки отличаются от имаго недоразвитием крыльев, отсутствием вторичных половых признаков и иногда наличием специальных личиночных органов. С каждой линькой сходство со взрослым насекомым всё больше увеличивается. Неполное превращение характерно для кузнечиков, тараканов, клопов.

У насекомых с *полным превращением* число стадий увеличивается: яйцо — личинка — куколка — взрослое насекомое (имаго). Личинки таких насекомых принципиально отличаются по строению тела от взрослых насекомых. Как правило, они имеют иной тип ротового аппарата и другой тип питания (например, у гусениц — грызущий ротовой аппарат, а у бабочек — сосущий с хоботком). Часто личинки и взрослые особи обитают в разных средах (например, комар — на суше, а его личинка — в воде). Это позволяет им не конкурировать за пищу. После последней линьки личинка переходит в состояние покоя — окукливается. Под оболочкой куколки разрушаются личиночные ткани, а затем образуются ткани и органы взрослого насекомого. Развитие с полным метаморфозом характерно для наиболее высокоорганизованных насекомых (жуков, бабочек, перепончатокрылых, двукрылых).

У личинок и взрослого насекомого образ жизни может отличаться коренным образом. Например, личинка кожного овода является эндопаразитом крупных позвоночных животных, а у взрослых оводов даже нет ротового аппарата. Самки откладывают яйца на шерсть животных. Из яиц выходят личинки. Они проделывают длинные ходы в теле животного, активно питаются и растут. Весной личинки вываливаются из язвы и окукливаются в земле. Из куколки выходит взрослое насекомое, которое живёт и откладывает яйца за счёт питательных веществ, накопленных личинкой.

23. Онтогенез человека. Репродуктивное здоровье

Вспомните!

Какой тип развития характерен для человека?

Что такое плацента?

Как образ жизни матери во время беременности влияет на здоровье будущего ребенка?

Эмбриональное развитие. Индивидуальное развитие человека, как и всех других организмов, размножающихся половым путём, начинается с момента оплодотворения и заканчивается смертью. Зная из материала предыдущих параграфов общие принципы размножения и развития организмов, давайте рассмотрим особенности онтогенеза, характерные для человека.

Процесс эмбрионального развития человека длится около 280 суток и подразделяется на три периода: начальный (1-я неделя), зародышевый (2—8-я недели) и плодный (с 9-й недели до рождения).

Во время одного полового акта в организм женщины попадает более 200 млн сперматозоидов. Такое огромное количество мужских половых клеток необходимо, во-первых, чтобы повысить вероятность оплодотворения, а во-вторых, чтобы сформировать особую химическую среду, способствующую успешному слиянию гамет. Соединение яйцеклетки и сперматозоида, т. е. процесс оплодотворения, у человека происходит в яйцеводах (маточных трубах), куда добира-

ется только несколько тысяч сперматозоидов из всей массы. ■

■ Одной из причин бесплодия у человека является так называемая олигоспермия — малое количество сперматозоидов в семенной жидкости. В современном мире существует масса причин, которые могут привести к подобному нарушению. Стресс и ожирение, инфекции половых органов и гормональные нарушения снижают образование сперматозоидов. Антидепрессанты, марихуана и другие наркотики, неумеренное употребление алкоголя уменьшает количество мужских половых гормонов и спермы. Влияет на численность сперматозоидов и резко снижает их подвижность курение.

После оплодотворения к концу первых суток начинается дробление зиготы (рис. 71). Зародыш в это время продвигается по яйцеводу в направлении к матке. Через 30 часов после оплодотворения зародыш состоит уже из двух клеток, через 40 часов — из четырёх. В результате многократных делений формируется плотный шар, состоящий из клеток двух типов: внутри располагаются более тёмные, медленно делящиеся клетки, снаружи — более светлые. Образование этих двух типов клеток — первый этап диф-

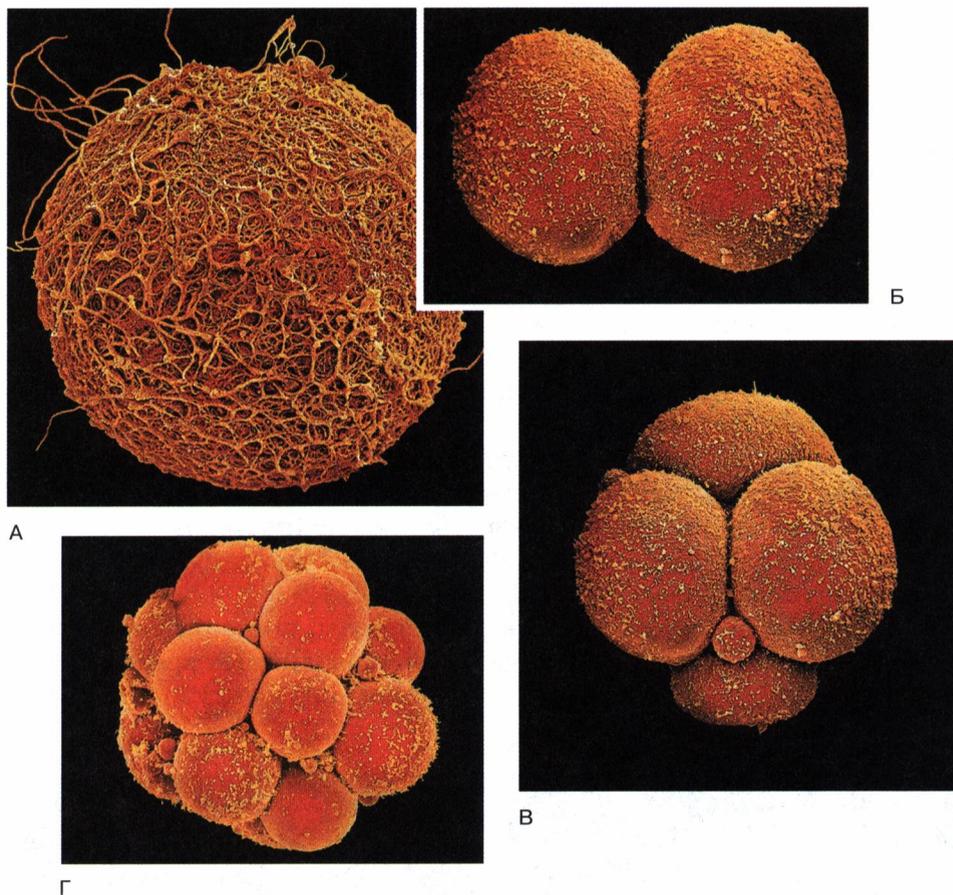


Рис. 71. Начальный этап эмбрионального развития человека: А — яйцеклетка, окружённая многочисленными сперматозоидами; Б, В, Г — последовательные стадии дробления зиготы

ференцировки клеток в развивающемся зародыше. Из тёмных клеток впоследствии будет сформировано тело самого зародыша, из светлых — специальные органы, обеспечивающие связь зародыша с материнским организмом. Такими внезародышевыми органами являются аллантоис, желточный мешок, амнион и хорион.

На 4-е сутки зародыш человека превращается в бластулу, полый пузырёк, заполненный жидкостью. На 5—6-е сутки бластула, наконец, достигает матки и внедряется в её стенку. С этого момента зародыш начинает получать кислород и питательные вещества из крови матери.

Важным событием, которое происходит до имплантации, является включение генома зародыша. У человека, как и у других млекопитающих, активация генов эмбриона происходит на стадии 2—4 бластомеров. Если по какой-то причине активация генов

нарушается или замедляется, то эмбрион не может нормально имплантироваться в стенку матки и погибает.

Существует также множество причин, из-за которых зародыш может не попасть в матку. Иногда он погибает на самых ранних стадиях дробления, и женщина даже не замечает своей беременности. Это может произойти в том случае, если при оплодотворении зигота получит неполноценный наследственный материал. Иногда зародыш, не доходя до матки, внедряется в стенку яйцевода и какое-то время даже растёт, потребляя питательные вещества этого органа и разрушая его (внематочная беременность).

Образование гастрюлы в эмбриональном развитии человека протекает несколько иначе, чем вариант, разобранный нами в предыдущем параграфе, но сущность — образование трёхслойного зародыша — остаётся неизменной. В ходе гастрюляции каждый зародышевый листок занимает своё место: снаружи эктодерма, внутри энтодерма и между ними мезодерма. Затем начинается процесс органогенеза, закладывается хорда, позднее — нервная трубка и в дальнейшем все остальные системы органов (рис. 72).

В онтогенезе человека существуют периоды, когда развивающийся организм наиболее подвержен действию различных вредных факторов (химических препаратов, различного рода излучений, стрес-

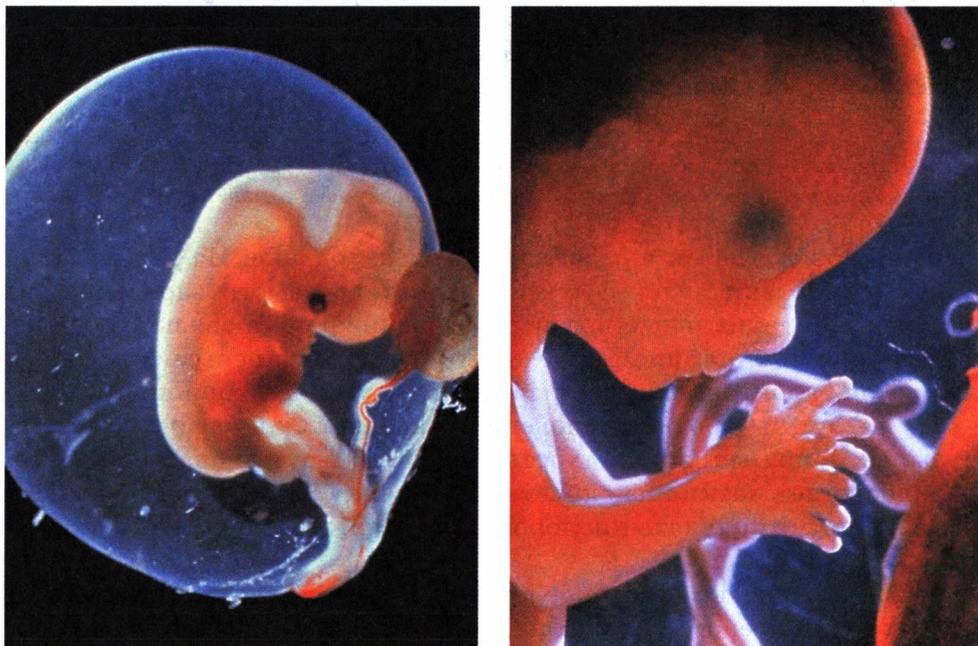


Рис. 72. Эмбрион человека

сов и др.). Во время эмбрионального этапа развития такими критическими периодами являются момент оплодотворения, имплантация зародыша в стенку матки (7—8-е сутки развития), смыкание нервной трубки (4-я неделя развития), закладка основных органов и формирование плаценты (3—8-я недели), усиленный рост головного мозга и дифференцировка нервной ткани (15—22-я недели), дифференцировка полового аппарата (20—24-я недели) и момент рождения. В постэмбриональном развитии наиболее уязвимыми периодами являются новорожденность (возраст до 1 года) и половое созревание (11—16 лет).

Влияние никотина, алкоголя и наркотических веществ на развитие зародыша человека. На протяжении всего времени внутриутробного развития плод, напрямую связанный с организмом матери через уникальный орган — плаценту, находится в постоянной зависимости от состояния здоровья матери.

В последнее время ведётся много споров на тему, влияет ли курение на неродившегося ребёнка. Известно, что никотин, попадающий в кровь матери, легко проникает сквозь плаценту в кровеносную систему плода и вызывает сужение сосудов. Если поступление крови в плод ограничено, то снижается его снабжение кислородом и питательными веществами, что может вызвать задержку развития. У курящих женщин ребёнок при рождении весит в среднем на 300—350 г меньше нормы. Существуют и другие проблемы, связанные с курением при беременности. У таких женщин чаще происходят преждевременные роды и выкидыши на поздних сроках беременно-

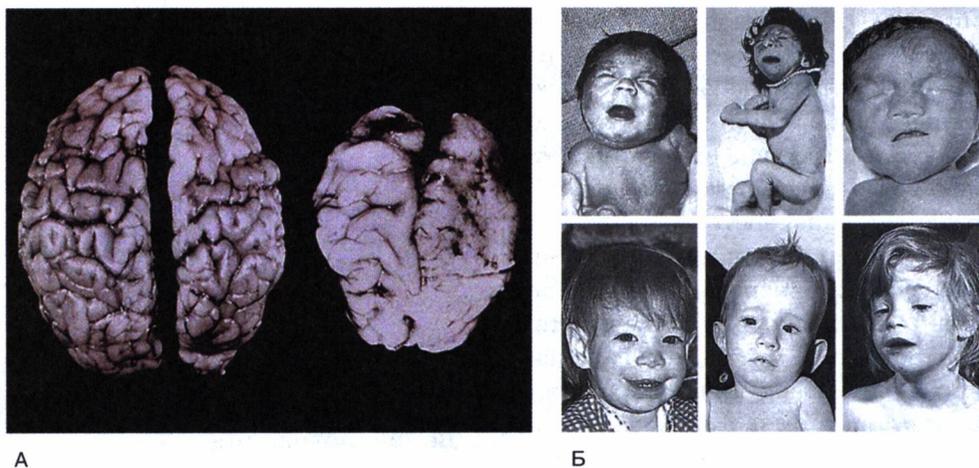


Рис. 73. Алкогольный синдром плода: А — мозг здорового новорождённого (слева) и ребёнка с алкогольным синдромом (справа); Б — дети с разной степенью выраженности алкогольного синдрома

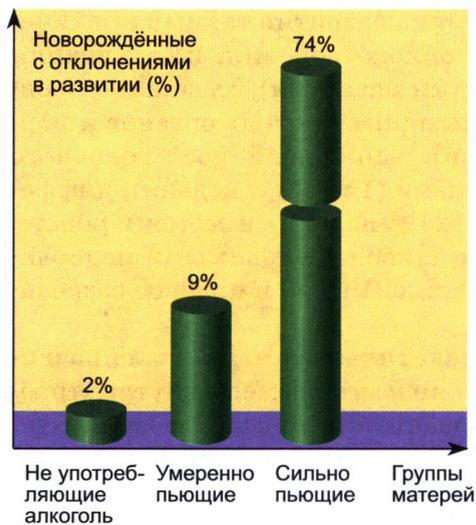


Рис. 74. Отклонения от нормы среди новорождённых

Особенно чувствителен плод к вредному воздействию наркотических веществ. Если женщина имеет зависимость от наркотических препаратов, то её ребёнок, как правило, в эмбриональный период

сти. На 30% выше вероятность ранней детской смертности и на 50% — вероятность развития пороков сердца у детей, чьи матери не смогли во время беременности отказаться от сигарет.

Столь же легко через плаценту проходит и алкоголь. Употребление спиртного при беременности может вызвать у ребёнка состояние, известное как *алкогольный синдром плода*. При этом синдроме наблюдается задержка умственного развития, микроцефалия (недоразвитие головного мозга), расстройства поведения (повышенная возбудимость, невозможность сосредоточиться), снижение скорости роста, слабость мышц (рис. 73, 74).

■ Показательным примером является трагедия, связанная с талидомидом. Этот препарат в начале 60-х гг. XX в. выписывали многим беременным, страдающим от постоянных приступов тошноты. Довольно быстро выяснилось, что это лекарство вызывало нарушения развития конечностей у плода: они либо отсутствовали, либо были недоразвиты. Лекарство было запрещено, но несколько тысяч детей уже родились. Часто у новорождённых, чьи матери принимали талидомид, кисти или стопы росли прямо из туловища. Степень недоразвития конечностей зависела от того, на какой стадии беременности мать принимала лекарство.

развития приобретает такую же зависимость. После рождения у него возникает синдром отмены (ломка), потому что исчезает постоянное поступление наркотика, который до этого ребёнок получал из крови матери через плаценту. Так как героин, кокаин и другие наркотики в первую очередь поражают нервную систему, у таких детей ещё в период внутриутробного развития может возникнуть поражение головного мозга, что приведёт в дальнейшем к задержке умственного развития или нарушению поведения.

Лекарственные препараты, которые продаются в аптеке без рецептов, всегда тщательно проверяются на выявление вред-

ных воздействий. Однако, если возможно, было бы желательно ограничить приём лекарств, особенно на ранних стадиях беременности и в критические для развития плода периоды, потому что многие лекарственные препараты очень легко проходят через плаценту. ■

Для развития плода представляют серьёзную опасность вирусные заболевания матери во время беременности. Наиболее опасны краснуха, гепатит В и ВИЧ-инфекция. В случае заражения краснухой на первом месяце беременности у 50% детей развиваются врождённые пороки: слепота, глухота, расстройства нервной системы и пороки сердца.

Постэмбриональное развитие. Существует немало классификаций периодов постэмбрионального развития человека, древнейшие из которых принадлежат ещё античным учёным. В наиболее общем виде постэмбриональное развитие человека подразделяют на три периода: дорепродуктивный, период зрелости (репродуктивный) и период старения (пострепродуктивный).

Важнейшей чертой человека, приобретённой им в процессе эволюции, является удлинение *дорепродуктивного периода*. По сравнению с остальными млекопитающими, включая человекообразных приматов, половозрелость у человека наступает наиболее поздно. Удлинение детства и замедление роста и развития расширяют возможности обучения и приобретения социальных навыков.

Рост, развитие и формирование организма — это основные процессы онтогенеза человека. Знание особенностей этих процессов и факторов, влияющих на них, определяет, насколько здоровыми будут будущие поколения людей. Развитие каждого из нас обусловлено взаимодействием генетических (наследственных) и средовых (внешних) факторов. Всем хорошо известно отрицательное влияние на развитие человека недостаточного питания, промышленного загрязнения среды, стресса и болезней. ■

Репродуктивный период — это наиболее длительный этап постэмбрионального развития человека, завершение которого говорит о наступлении *пострепродуктивного периода*, или *периода старения*. Процесс старения затрагивает все уровни организации живого. На молекулярном уровне нарушаются процессы репликации ДНК и синтеза белков. На клеточном уровне снижается обмен веществ, замедляются митотиче-

■ Недостаток витамина D вызывает отставание в развитии и нарушение в формировании скелета.

Алкоголь, связываясь с поверхностью мембран нервных клеток, нарушает работу головного мозга, а при длительном употреблении вызывает цирроз печени.

Недостаток полноценных белков в пище приводит к замедлению роста детей и развитию у них психических отклонений.

ские деления клеток, постепенно гибнут и не восстанавливаются нервные клетки. На уровне целого организма ослабевают функции всех систем органов.

Существует множество гипотез о механизмах старения, большинство из которых связывают возрастные изменения с процессами, происходящими на генетическом уровне. Открытие недавно генов «клеточной смерти», включение которых вызывает неизбежное нарушение нормального функционирования клеток, подтверждает эти гипотезы.

Старение неизбежно приводит к смерти — общему для всех живых существ финалу индивидуального развития организмов. Смерть является необходимым условием для смены поколений, т. е. для продолжения существования и эволюции человечества в целом.

Вопросы для повторения и задания

1. Назовите особенности онтогенеза, характерные для человека. Какие преимущества дают эти особенности?
2. Как никотин, алкоголь и наркотические вещества влияют на развитие зародыша человека?
3. Какие факторы внешней среды оказывают влияние на развитие зародыша человека?
4. Назовите периоды постэмбрионального развития человека.
5. К каким последствиям в развитии человека может привести недостаток витамина D и неполноценное питание?

Подумайте! Выполните!

1. Обсудите в классе, какое значение в эволюции человека имело удлинение дорепродуктивного периода.
2. Для каких организмов понятия «клеточный цикл» и «онтогенез» совпадают?
3. Используя дополнительные источники информации, составьте подробную таблицу «Периоды постэмбрионального развития человека». Отрадите в ней временные границы и особенности протекания отдельных периодов.
4. Используя дополнительную литературу и ресурсы Интернета, выясните, что такое акселерация, какие в настоящее время существуют гипотезы о причинах акселерации. Обсудите в классе найденную вами информацию по этой теме.

● *Работа с компьютером*

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.