

3. Какие события, протекающие в мейозе, обеспечивают уменьшение вдвое набора хромосом в дочерних клетках?

4. В чем заключается биологическое значение мейоза?

5*. Сравните митоз и мейоз, выявите черты сходства и различия. В чем заключается главное отличие мейоза от митоза?

6*. Как вы считаете, почему мейоз характерен только для тех видов живых организмов, которым свойственно половое размножение? Какую роль в жизненном цикле этих организмов играет процесс оплодотворения?

§ 19. Строение и образование половых клеток

Как уже отмечалось, большая часть видов эукариот обладает способностью к половому размножению. Вам также известно, что специализированные клетки, обеспечивающие половое размножение организмов, называются **половыми клетками** или **гаметами**. Их слияние (за исключением случаев партеногенеза) приводит к образованию зиготы, из которой в дальнейшем развивается новая особь.

Для большинства организмов, кроме некоторых протистов и грибов, характерно образование гамет двух типов — мужских и женских. Они существенно отличаются по размерам, строению и физиологическим свойствам. Мужские половые клетки обычно значительно меньше женских и обладают подвижностью — это *сперматозоиды*. У семенных растений мужские гаметы — *спермии* — неподвижны. Женские половые клетки называются *яйцеклетками*.

Гаметогенез — процесс образования половых клеток — у многоклеточных организмов, как правило, протекает в специальных органах. Например, у животных, за исключением самых примитивных (например, кишечнополостных), гаметогенез осуществляется в половых железах. Мужские половые железы называются *семенниками*, женские — *яичниками*.

Строение половых клеток. Рассмотрим особенности строения гамет на примере типичных половых клеток животных — сперматозоида и яйцеклетки.

Сперматозоиды животных обычно состоят из головки, шейки, средней части и жгутика (хвоста), обеспечивающего активное передвижение (рис. 52). В головке

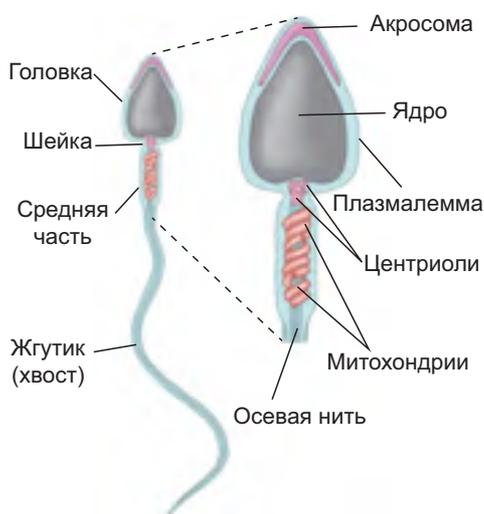


Рис. 52. Схема строения сперматозоида

находится ядро, перед ним располагается *акросома* — особый мембранный пузырек. Он содержит ферменты, растворяющие оболочки яйцеклетки при оплодотворении. В узкой шейке сперматозоида находятся две центриоли. От одной из них берет начало подвижная *осевая нить* жгутика, образованная микротрубочками. Начальный отдел осевой нити, проходящий через несколько расширенную среднюю часть сперматозоида, окружен митохондриями. Они вырабатывают АТФ, необходимую для движения жгутика.

Таким образом, сперматозоид лишен запаса питательных веществ и содержит минимальное количество внутриклеточных структур, обеспечивающих его подвижность и способность к оплодотворению яйцеклетки. Энергию, необходимую для движения, сперматозоиды получают, прежде всего, за счет расщепления веществ, которые содержатся в окружающей их семенной жидкости.

Яйцеклетки большинства животных неподвижны и обычно имеют округлую форму (рис. 53). Женская половая клетка содержит крупное ядро и цитоплазму с различными органоидами, а также с запасом питательных веществ для развития зародыша. Как правило, яйцеклетки намного крупнее сперматозоидов и большинства соматических клеток. Так, диаметр яйцеклетки человека составляет 150—200 мкм, в то время как длина сперматозоида равна приблизительно 60 мкм при ширине головки около 3 мкм.

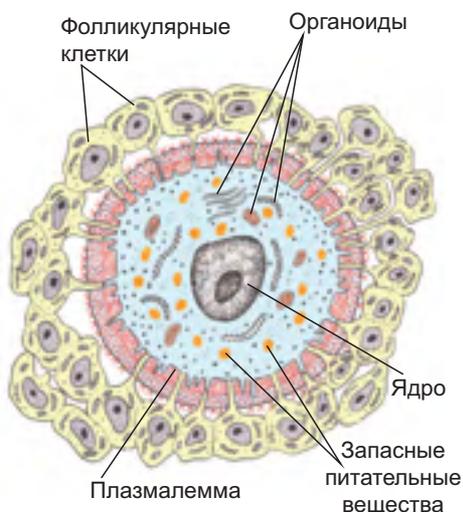


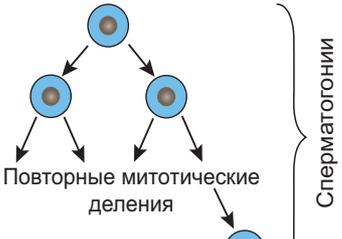
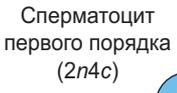
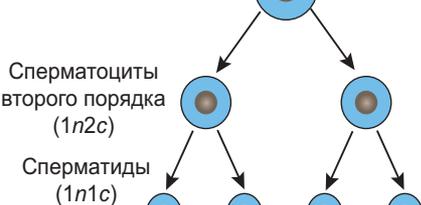
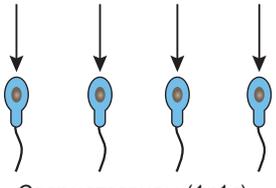
Рис. 53. Схема строения яйцеклетки

Самые крупные женские гаметы характерны для животных, зародыши которых развиваются вне материнского организма, — птиц, пресмыкающихся, земноводных, многих рыб. Например, размер яйцеклетки (икринки) лягушки равен 2 мм, лососевых рыб — 6—9 мм. У птиц диаметр яйцеклеток может достигать нескольких сантиметров. Поверх плазмалеммы яйцеклетка может быть окружена еще одной или несколькими оболочками. Они выполняют главным образом защитную функцию.

Процесс образования мужских половых клеток называется **сперматогенезом**, женских — **оогенезом**. Рассмотрим протекание сперматогенеза и оогенеза на примере млекопитающих.

Сперматогенез у млекопитающих начинается с периода полового созревания. Как вы знаете из курсов биологии 9-го и 10-го классов, образование сперматозоидов осуществляется в *извитых семенных канальцах* мужских половых желез — семенников. По мере своего развития предшественники сперматозоидов постепенно смещаются от периферических зон стенок канальцев ближе к их просветам. У человека этот процесс занимает около 75 сут, после чего сформированные сперматозоиды выходят в просвет семенного канальца. Сперматогенез включает четыре периода (табл. 12).

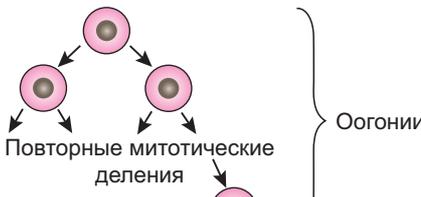
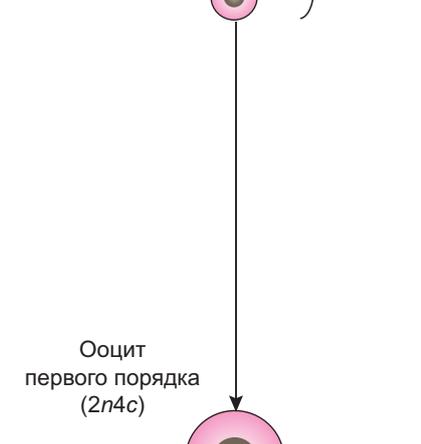
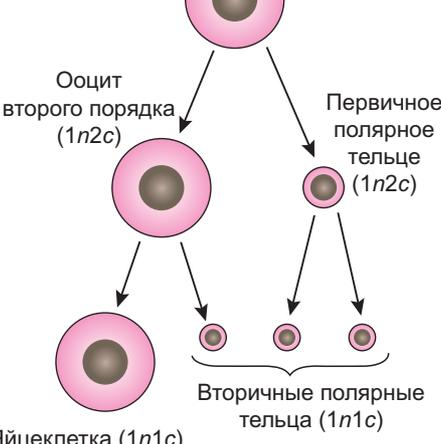
Таблица 12. Сперматогенез у млекопитающих

Период и процессы, происходящие в нем	Схема
<p>1. Период размножения. Диплоидные предшественники мужских половых клеток — <i>сперматогонии</i> — многократно делятся митозом. Это приводит к существенному увеличению числа сперматогониев</p>	
<p>2. Период роста. Сперматогонии, завершившие митотические деления, начинают расти. С этого момента они называются <i>сперматоцитами первого порядка</i>. Рост сперматоцитов первого порядка не приводит к значительному увеличению их размеров</p>	
<p>3. Период созревания. Сперматоциты первого порядка делятся мейозом. В результате первого деления мейоза из каждого сперматоцита первого порядка образуются 2 гаплоидных <i>сперматоцита второго порядка</i>, в результате второго деления — 4 гаплоидные <i>сперматиды</i></p>	
<p>4. Период формирования. Каждая сперматид превращается в <i>сперматозоид</i>. При этом меняется форма клетки, происходит образование акросомы, жгутика и других структур, характерных для зрелых мужских гамет</p>	



Оогенез у млекопитающих начинается еще до рождения. Развитие будущих яйцеклеток происходит в яичниках, внутри особых пузырьков — *фолликулов*. В процессе оогенеза выделяют три периода (табл. 13).

Таблица 13. Оогенез у млекопитающих

Период и процессы, происходящие в нем	Схема
<p>1. Период размножения. Во время эмбрионального развития женского организма диплоидные предшественники яйцеклеток — <i>оогонии</i> — многократно делятся путем митоза. Вследствие этого количество оогониев значительно возрастает</p>	 <p>Повторные митотические деления</p> <p>Оогонии</p>
<p>2. Период роста, как и предшествующий ему период размножения, происходит в ходе эмбрионального развития. После завершения митотических делений оогонии начинают увеличиваться в размерах. Теперь они называются <i>ооцитами первого порядка</i>. Их рост происходит прежде всего благодаря поступлению веществ из окружающих фолликулярных клеток и крови. В этот период масса и объем растущих клеток увеличиваются во много раз. Рост ооцитов первого порядка завершается еще до рождения, после чего они долгое время — до наступления половой зрелости — сохраняются без изменения</p>	 <p>Ооцит первого порядка ($2n4c$)</p>
<p>3. Период созревания. С наступлением половой зрелости ооциты первого порядка периодически делятся мейозом. При этом образуются неодинаковые по размеру дочерние клетки. Первое деление мейоза приводит к появлению двух гаплоидных клеток — крупного <i>ооцита второго порядка</i> и мелкой клетки, которую называют <i>первичным полярным тельцем</i>. В результате мейоза II из ооцита второго порядка образуется большая <i>яйцеклетка</i> и маленькое <i>вторичное полярное тельце</i>. Первичное полярное тельце обычно тоже делится надвое. В дальнейшем все полярные тельца погибают и разрушаются</p>	 <p>Ооцит второго порядка ($1n2c$)</p> <p>Первичное полярное тельце ($1n2c$)</p> <p>Яйцеклетка ($1n1c$)</p> <p>Вторичные полярные тельца ($1n1c$)</p>



Мейоз, протекающий в ходе сперматогенеза, сопровождается равномерным делением цитоплазмы клеток. В результате этого из каждого сперматоцита первого порядка образуются четыре одинаковые клетки — сперматиды, которые далее преобразуются в сперматозоиды. При оогенезе деление как ооцита первого порядка (мейоз I), так и ооцита второго порядка (мейоз II) не сопровождаются равномерным распределением цитоплазмы между дочерними клетками. Отделение мелких полярных телец, которые впоследствии погибают, обеспечивает удаление избыточного наследственного материала из будущей яйцеклетки. При этом она сохраняет максимальный запас питательных веществ, необходимый для развития зародыша.



Сперматозоид состоит из головки, шейки, средней части и жгутика (хвоста). Он лишен запаса питательных веществ и имеет минимальное количество внутриклеточных структур, обеспечивающих подвижность и способность к оплодотворению яйцеклетки. Яйцеклетка — крупная, обычно неподвижная клетка, содержащая набор различных органоидов и питательные вещества для развития зародыша. У млекопитающих и других животных процессы образования мужских и женских гамет включают несколько периодов. Ключевую роль в этих процессах играет мейоз, протекающий в период созревания. При сперматогенезе мейоз приводит к образованию четырех одинаковых дочерних клеток из одной материнской. При оогенезе образуется одна крупная яйцеклетка, сохранившая запас питательных веществ, и три мелкие клетки, которые в дальнейшем погибают.



1. Какие слова пропущены в предложениях и заменены буквами (а—в)?
Неподвижные мужские гаметы семенных растений называются (а). Подвижные мужские половые клетки — это (б). Женские гаметы называются (в).
2. Как строение сперматозоида и яйцеклетки связано с функциями, которые выполняют эти клетки?
3. Сперматозоиды практически не содержат цитоплазмы и питательных веществ, однако для движения им необходимо большое количество энергии. Откуда берется эта энергия?
4. Какое максимальное количество яйцеклеток и вторичных полярных телец может сформироваться у кошки из четырех ооцитов первого порядка?
5. Какие процессы, происходящие в ходе оогенеза, обеспечивают накопление в яйцеклетках большого количества питательных веществ?
- 6*. Сравните сперматогенез и оогенез, укажите черты сходства и различия.

ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

Строение и функционирование клеток, процессы их размножения, старения и гибели изучает цитология. Все клетки имеют единый принцип организации: их основными компонентами являются поверхностный аппарат, цитоплазма и ядро (у эукариот). Поверхностный аппарат включает цитоплазматическую мембрану и надмембранный комплекс. Цитоплазма состоит из жидкой части — гиалоплазмы и погруженных в нее цитоскелета и органоидов. Немембранными органоидами являются клеточный центр, миофибриллы и рибосомы. К одномембранным органоидам относятся эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы и вакуоли. Митохондрии и пластиды — это двумембранные органоиды. Ядро клетки содержит молекулы ДНК, обеспечивающие хранение и реализацию наследственной информации.

В связи с особенностями строения клеток организмы делятся на две группы — прокариоты и эукариоты. В отличие от эукариотических клетки прокариот лишены ядра и мембранных органоидов. Прокариотами являются бактерии. К эукариотам относятся растения, животные, грибы и протисты. Между клетками организмов разных царств имеются некоторые различия.

Клеточный цикл состоит из интерфазы и деления клетки. В G_1 -периоде интерфазы клетка растет и готовится к репликации, в S-периоде происходит репликация, в G_2 -периоде завершается подготовка к делению. Репликация ДНК происходит с участием фермента ДНК-полимеразы, которая использует цепи исходной материнской молекулы в качестве матриц для синтеза дочерних цепей. В результате образуются две одинаковые молекулы ДНК. Каждая из них содержит одну цепь материнской молекулы и одну вновь синтезированную дочернюю цепь.

Клетки эукариот могут делиться митозом, амитозом или мейозом. В результате митоза из материнской клетки образуются две дочерние с таким же набором хромосом, в результате мейоза — четыре дочерние с набором, уменьшенным в 2 раза. У животных мейоз играет ключевую роль в процессах сперматогенеза и оогенеза, обеспечивая образование гаплоидных гамет из исходных диплоидных клеток. При митозе и мейозе молекулы ДНК равномерно распределяются между дочерними клетками. При амитозе этого не происходит, т. к. клеточное ядро делится перетяжкой без спирализации хроматина и формирования веретена деления.