

3. Что ўяўляюць сабой генетычныя карты храмасом? Для чаго яны выкарыстоўваюцца?

4. Сфармулюйце асноўныя палажэнні храмасомнай тэорыі спадчыннасці.

5. Якія тыпы гамет і ў якіх працэнтных суадносінах будуць фарміраваць дыгетэразіготныя асобіны $\frac{AB}{ab}$ і $\frac{Ab}{aB}$, калі вядома, што адлегласць паміж генамі A і B складае 20 марганід?

6*. Шэры колер цела ў дразафілы дамінуе над жоўтым, чырвоныя вочы — над гранатавымі. Гены, якія адказваюць за гэтыя прыметы, лакалізаваны ў першай пары храмасом і знаходзяцца на адлегласці 44 марганіды. Скрыжавалі чыстыя лініі шэрацелых мух з гранатавымі вачамі і жоўтацелых з чырвонымі вачамі. З атрыманых гібрыдаў выбралі самку і ажыццявілі з ёй аналізуючае скрыжаванне. Якімі будуць працэнтныя суадносіны фенатыпічных класаў у патомстве?

§ 35. Генетыка полу

Паняцце полу і палавых прымет. З даўніх часоў людзі задаваліся пытаннем: чаму ў адных і тых жа бацькоў з'яўляюцца нашчадкі рознага полу і ў сувязі з чым у большасці раздзельнаполых арганізмаў назіраюцца прыкладна аднолькавыя суадносіны мужчынскіх і жаночых асобін? Выказвалася мноства гіпотэз, але толькі ў XX ст. дзякуючы даследаванням у галіне цыталогіі і генетыкі ўдалося выявіць механізм вызначэння і наследавання полу.

Пол — гэта сукупнасць марфалагічных, фізіялагічных, біяхімічных і іншых прымет арганізма, якія забяспечваюць узнаўленне сабе падобных. Адрозніваюць першасныя і другасныя палавыя прыметы. Найўнасць у асобін спецыялізаваных органаў, якія прымаюць непасрэдны ўдзел у размнажэнні (палавых залоз пэўнага тыпу і іншых рэпрадуктыўных органаў) адносяць да *першасных* палавых прымет. *Другасныя* палавыя прыметы — гэта фенатыпічныя адрозненні мужчынскіх і жаночых асобін, напрамую не звязаныя з працэсам размнажэння. Напрыклад, у чалавека і шэрага іншых млекакормячых асобіны рознага полу адрозніваюцца па памерах і прапарцыях цела, асаблівасцях валасянога покрыва, тэмбру голасу і г. д. Як вы ведаеце, прыметы (у тым ліку і палавыя) кантралююцца генамі. Такім чынам, пол арганізма павінен вызначацца генетычна.

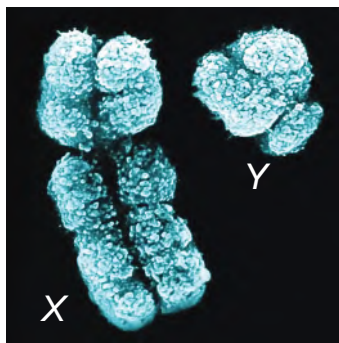
Храмасомнае вызначэнне полу. Даследаванне карыятапаў многіх відаў жывёл і чалавека паказала, што ў мужчынскіх і жаночых асобін ёсць адрозненні ў адной пары храмасом. У далейшым было выяўлена, што гэтыя храмасомы і вызначаюць пол арганізма, таму яны атрымалі назву **палавых храмасом**. Усе астатнія пары храмасом, аднолькавыя ў асобін мужчынскага і жаночага полу, былі названы **аўтасомамі**.

У саматычных клетках чалавека змяшчаецца 23 пары храмасом: 22 пары аўтасом і 1 пара палавых храмасом (мал. 82). У клетках мужчынскага арганізма палавыя храмасомы рэзка адрозніваюцца па памеры і будове (мал. 83). Адна з іх буйная, нераўнаплечая, змяшчае вялікую колькасць генаў — гэта **X-храмасома** (*ікс*). Другая храмасома дробная, палачкападобная, змяшчае параўнальна мала генаў. Яна была названа **Y-храмасомай** (*ігрэк*). У клетках жаночага арганізма чалавека палавыя храмасомы аднолькавыя — дзве X-храмасомы.



Мал. 82. Храмасомны набор чалавека

Абазначыўшы аўтасомы літарай А, можна запісаць храмасомны набор жанчыны ў выглядзе: $44A + XX$, мужчыны — $44A + XY$. Пры ўтварэнні гамет у кожную з іх трапляе палова аўтасом і адна з палавых храмасом. Значыць, у жаночым арганізме ўтвараецца *адзін* тып яйцаклетак: усе яны маюць набор храмасом $22A + X$. У мужчын фарміруюцца *два* тыпы сперматозоідаў у роўных суадносінах: $22A + X$ і $22A + Y$.

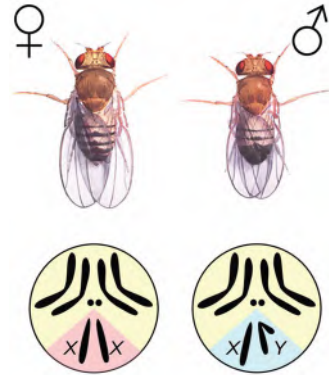


Мал. 83. Палавыя храмасомы чалавека

Калі яйцаклетку апладняе сперматозоід, які змяшчае X-храмасому, з зіготы развіваецца жаночы арганізм. Калі ў апладненні ўдзельнічае сперматозоід з Y-храмасомай, з зіготы развіваецца дзіця мужчынскага полу. Такім чынам, у чалавека пол дзіцяці залежыць ад тыпу сперматозоіда бацькі. Паколькі абодва тыпы мужчынскіх гамет утвараюцца з аднолькавай верагоднасцю, у патомстве назіраецца **расшчапленне па поле 1 : 1**.

Гэтак жа, як у чалавека, адбываецца вызначэнне полу ў большасці іншых млекакормячых, некаторых насякомых (напрыклад, у дразафілы), многіх двухдомных раслін. Напрыклад, у саматычных клетках дразафілы 4 пары храмасом: 3 пары аўтасом і 1 пара палавых храмасом (мал. 84). Храмасомны набор самак дразафілы: $6A + XX$, самцоў — $6A + XY$.

Пол, які мае аднолькавыя палавыя храмосомы і, адпаведна, утварае адзін тып гамет, прынята называць **гомагаметным**. Пол, які фарміруе два тыпы гамет, называецца **гетэрагаметным**. Пры XY -тыпе вызначэння полу жаночы пол з'яўляецца гомагаметным, а мужчынскі — гетэрагаметным (мал. 85).



Мал. 84. Храмасомны набор дразафілы

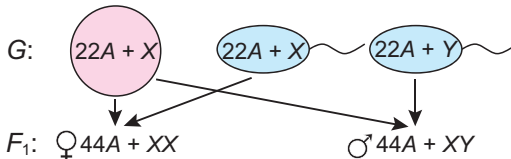
Чалавек (XY -тып)



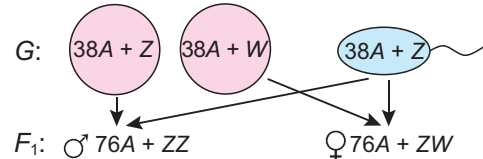
Курыца (ZW -тып)



$P: ♀ 44A + XX \times ♂ 44A + XY$



$P: ♀ 76A + ZW \times ♂ 76A + ZZ$



Мал. 85. Асноўныя тыпы храмасомнага вызначэння полу

У птушак, некаторых паўзуноў, земнаводных, рыб і матылёў назіраецца процілеглы механізм вызначэння полу: мужчынскія асобіны з'яўляюцца гомагаметнымі, а жаночыя — гетэрагаметнымі. Пры гэтым палавыя храмосомы абазначаюць літарамі Z і W , каб вылучыць дадзены тып вызначэння полу. У самцоў палавыя храмосомы запісваюць як ZZ , а ў самак — ZW .



Асаблівасці наследавання прымет, счэпленых з полам. Палавыя храмасомы змяшчаюць не толькі гены, якія вызначаюць пол арганізма, але і другія, якія не маюць адносін да полу. Напрыклад, у Х-храмасоме чалавека размешчаны гены, якія кантралююць згусанне крыві, колераадчуванне (здольнасць адрозніваць асноўныя колеры), развіццё зрокавага нерва і інш. Y-храмасома гэтых генаў *не змяшчае*.

Y-храмасома чалавека мае невялікія памеры і, адпаведна, змяшчае менш генаў, чым X-храмасома. Аднак, акрамя генаў, якія вызначаюць развіццё мужчынскіх палавых прымет, у ёй ёсць і другія. Менавіта ў Y-храмасоме знаходзяцца гены, якія вызначаюць наяўнасць жорсткіх валасоў на вушных ракавінах, буйных зубоў і некаторых іншых прымет. Паколькі X-храмасома не змяшчае такіх генаў, дадзеныя прыметы могуць праяўляцца толькі ў мужчын.

Прыметы, якія вызначаюцца генамі, размешчанымі ў палавых храмасомах, **назваюцца прыметамі, счэпленымі з полам**. Наследаванне гэтых прымет мае свае асаблівасці. Разгледзім іх на прыкладзе спадчыннага захворвання чалавека — *гемафіліі*.

У хворых на гемафілію парушаны працэс згусання крыві, таму ў выніку траўмаў ці хірургічнага ўмяшання могуць узнікаць крывацёкі, якія з'яўляюцца пагрозай для жыцця. Акрамя таго, у гемафілікаў нярэдка адбываюцца спантанныя кровазліцці ў суставы і ўнутраныя органы.

Гэта хвароба абумоўлена рэцэсіўным генам h , счэпленым з X-храмасомай. Дамінантны ген H вызначае ў чалавека нармальнае згусанне крыві. У жанчын дзве X-храмасомы, таму па прымеце згусальнасці крыві, як і па іншых прыметах, счэпленых з X-храмасомай, магчымы тры варыянты генатыпу:

$\frac{H}{H}$ (пры геннай форме запісу — $\frac{H}{H}$ $X^H X^H$) — здаровая жанчына;

$\frac{H}{h}$ (або $\frac{H}{h}$ $X^H X^h$) — здаровая жанчына, носьбітка гена гемафіліі;

$\frac{h}{h}$ (або $\frac{h}{h}$ $X^h X^h$) — жанчына-гемафілік.

Дзяўчынкі, хворыя на гемафілію, нараджаюцца надзвычай рэдка: адна на 100 млн нованароджаных (сярод хлопчыкаў гэты паказчык значна вышэйшы, у сярэднім 1 : 10 000). Раней многія дзяўчынкі-гемафілікі паміралі ў падлеткавым узросце ў сувязі з пачаткам менструацый. Хоць гемафілія і на сённяшні дзень лічыцца невылечнай хваробай, яе цяжэнне кантралюецца з дапамогай ін'екцый фактару згусання крыві, якога не хапае ў арганізме. Такім чынам сучасная медыцына істотна падаўжае працягласць жыцця хворых на гемафілію.

Пры храмасомнай форме запісу скрыжаванняў Y-храмасому абазначаюць рысай з кручком: — . У адносінах да генаў H ці h яна з'яўляецца «пустой». Таму ў мужчыны ёсць толькі адзін ген, які вызначае згусальнасць крыві. Гэты ген знаходзіцца ў X-храмасоме і заўсёды праяўляецца ў фенатыпе незалежна ад таго, з'яўляецца ён дамінантным або рэцэсіўным. Такім чынам, у мужчын могуць быць наступныя генатыпы:

♂ $\underline{H}$ (або ♂ X^HY) — здаровы мужчына;

♂ $\underline{h}$ (або ♂ X^hY) — мужчына-гемафілік.

Як бачна з запісаў генатыпаў, мужчыны не могуць быць носьбітамі гена гемафіліі і іншых спадчынных захворванняў, счэпленых з X-храмасомай.

Вызначым, якое патомства можа з'явіцца ў жанчыны-носьбіткі гена гемафіліі і мужчыны з нармальнай згусальнасцю крыві:

Генная форма запісу			
P:	♀ X^HX^h носьбітка гена гемафіліі	×	♂ X^HY здаровы мужчына
G:	(X^H) , (X^h)		(X^H) , (Y)
F ₁ :	♀ X^HX^H здоровая дачка	♀ X^HX^h носьбітка гена гемафіліі	♂ X^HY ♂ X^hY здаровы сын- гемафілік

Храмасомная форма запісу			
P:	♀ $\frac{H}{h}$ носьбітка гена гемафіліі	×	♂ $\frac{H}{\text{—}}$ здаровы мужчына
G:	$(\frac{H}{h})$, $(\frac{h}{h})$		$(\frac{H}{\text{—}})$, (—)
F ₁ :	♀ $\frac{H}{H}$ здоровая дачка	♀ $\frac{H}{h}$ носьбітка гена гемафіліі	♂ $\frac{H}{\text{—}}$ ♂ $\frac{h}{\text{—}}$ здаровы сын- гемафілік

Такім чынам, сярод сыноў назіраецца расшчапленне па генатыпе і фенатыпе: палова — здаровыя, палова — гемафілікі. Сярод дачок назіраецца расшчапленне па генатыпе: усе яны здаровыя, але палова з'яўляецца носьбіткамі гена гемафіліі. Падобная заканамернасць характэрна і для іншых рэцэсіўных прымет, счэпленых з X-храмасомай. Да іх належаць, напрыклад, такія спадчынныя захворванні, як *дальтанізм*, *атрафія зрокавага нерва*, *адсутнасць потавых залоз*.

Для таго каб нарадзілася дзяўчынка з рэцэсіўнай прыметай, счэпленай з X-храмасомай, неабходна аб'яднанне ў зігоце *двух* рэцэсіўных генаў — ад маці і ад бацькі. Для праяўлення такой жа прыметы ў хлопчыка дастаткова *аднаго* рэцэсіўнага гена, атрыманага ад маці (паколькі бацька перадае сыну толькі Y-храмасому). Таму рэцэсіўныя, счэпленыя



з Х-храмасомай, прыметы часцей сустракаюцца сярод мужчын. Напрыклад, у Еўропе на дальтанізм хварэе больш за 6 % мужчынскага насельніцтва, у той час як сярод жанчын гэта захворванне назіраецца з частатой прыблізна 0,5 %.

Генатып як цэласная сістэма. Вывучаючы заканамернасці наследвання прымет у арганізмаў, вы пазнаёміліся з рознымі тыпамі ўзаемадзеяння алельных генаў. У шэрагу выпадкаў вынікам такога ўзаемадзеяння можа быць з'яўленне прыметы, прамежкавай паміж дамінантнай і рэцэсіўнай, ці якая новая прымета, якая не вызначалася ні адным з генаў паасобку (успомніце, напрыклад, чым абумоўлена IV група крыві ў чалавека).

Аднак у жывых арганізмаў вядома мноства прымет, якія кантралююцца не адной, а дзвюма і больш парамі генаў. Узаемадзеяннем неалельных генаў вызначаюцца, напрыклад, рост, тып целаскладу і колер скуры ў чалавека, афарбоўка шэрсты і апярэння ў многіх млекакормячых і птушак, форма, велічыня, афарбоўка пладоў і насення раслін і г. д. Сустракаецца і процілеглая з'ява, калі адна пара алельных генаў уплывае адразу на некалькі прымет арганізма.

Такім чынам, гены цесна звязаны і ўзаемадзейнічаюць адзін з адным. Таму генатып любога арганізма нельга разглядаць як простую суму асобных генаў. Генатып — гэта цэласная сістэма генаў, якія ўзаемадзейнічаюць.



У большасці раздзельнаполых арганізмаў мужчынскія і жаночыя асобіны маюць адрозненні ў адной пары храмасом. Гэтыя храмосомы называюцца палавымі, паколькі іх спалучэнне вызначае пол арганізма. Астатнія храмосомы прынята называць аўтасомамі. Пол, які мае дзве аднолькавыя палавыя храмосомы, называецца гомагаметным, а той, у якога розныя палавыя храмосомы, — гетэрагаметным. У большасці млекакормячых, у тым ліку ў чалавека, і шэрага іншых арганізмаў гомагаметным полам з'яўляецца жаночы (набор палавых храмасом — XX), а гетэрагаметным — мужчынскі (XY). У птушак і некаторых іншых жывёл, наадварот, гомагаметнымі з'яўляюцца самцы (ZZ), а гетэрагаметнымі — самкі (ZW). Паколькі гомагаметны пол ў адносінах да палавых храмасом фарміруе адзін тып гамет, а гетэрагаметны — два, у патомстве назіраецца расшчапленне па поле 1 : 1. Прыметы, якія вызначаюцца генамі, размешчанымі ў палавых храмосах, называюцца прыметамі, счэпленымі з полам. Генатып арганізма ўяўляе сабой цэласную сістэму генаў, якія ўзаемадзейнічаюць.



1. Які набор палавых храмасом характэрны для саматычных клетак мужчыны? Жанчыны? Пеўня? Курыцы?

ZZ, ZW, WW, XX, XY, YY .

2. Чаму ў большасці раздзельнаполах жывёл з'яўляецца прыкладна аднолькавая колькасць нашчадкаў мужчынскага і жаночага пола?

3. Яйцаклетка кошкі змяшчае 18 аўтасом. Якой колькасцю храмасом прадстаўлены карыятып кошкі?

4. Як называюцца прыметы, якія кантралююцца генамі, размешчанымі ў палавых храмасомах? Якія асаблівасці наследавання гэтых прымет?

5. Дакажыце, што генатып жывого арганізма ўяўляе сабой цэласную сістэму.

6*. Дальтанізм — рэцэсіўная прымета, счэпленая з X-храмасомай. У сям'і, дзе маці валодае нармальным колераадчуваннем, нарадзілася дачка-дальтонік. Вызначыце генатыпы бацькоў. Якая верагоднасць нараджэння ў іх здоровага сына?

7*. У палярнай савы апераныя ногі дамінуюць над голымі. Гэта прымета кантралюецца аўтасомнымі генамі. Доўгія кіпцюры — дамінантная прымета, якая вызначаецца генам, лакалізаваным у Z-храмасоме. Самку з аперанымі нагамі скрываваў з самцом, які мае доўгія кіпцюры і апераныя ногі. У выніку атрымалі патомства з розным спалучэннем усіх фенатыпічных прымет. Якая верагоднасць (%) з'яўлення сярод патомства самца з голымі нагамі і кароткімі кіпцюрамі?

§ 36. Мадыфікацыйная зменлівасць

Роля генатыпу і ўмоў асяроддзя ў фарміраванні прымет. Вам вядома, што прыметы вызначаюцца генамі, г. зн. фенатып арганізма залежыць ад генатыпу. Аднак асобіны, якія маюць аднолькавы генатып (напрыклад, даччыныя расліны, якія развіліся з мацярынскай шляхам вегетатыўнага размнажэння), але выраслі ў розных умовах, могуць істотна адрознівацца адна ад адной.

Калі высадзіць клубні, атрыманыя ад адной расліны бульбы, то сярод даччыных асобін, якія вырастуць, мы не зможам знайсці дзвюх зусім аднолькавых. Нягледзячы на ідэнтычны генатып, яны будуць адрознівацца па вышыні сцёблаў, кусцістасці, ступені развіцця каранёвай сістэмы, колькасці і памерах лістоў, клубняў і шэрагу іншых прымет (мал. 86, с. 188). Відавочна, што адрозненні паміж гэтымі раслінамі абумоўлены не розным наборам генаў, а дзеяннем фактараў навакольнага асяроддзя. Розныя клубні не маглі развівацца ў абсалютна аднолькавых умовах. Асаблівасці механічнага і хімічнага саставу глебы, яе вільготнасць, глыбіня закладання, наяўнасць шкоднікаў, канкурэнцыя з іншымі раслінамі — гэтыя і многія іншыя фактары ўплывалі на развіццё фенатыпу асобін.

Яшчэ адным прыкладам уздзеяння ўмоў асяроддзя на фарміраванне прымет арганізмаў можа служыць індывідуальнае развіццё моназіготных (аднаяйцавых) блізнят. Яны ідэнтычныя па генатыпе, паколькі развіліся з адной зіготы, якая дала на этапе драблення пачатак дзвюм ці больш