

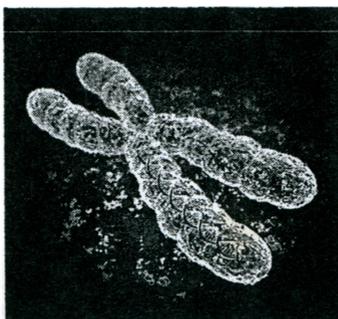
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
“БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”

Кафедра инженерной экологии и химии

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ ПО ГЕНЕТИКЕ

**Методические указания к выполнению практических работ
по дисциплине «Биология»**

для студентов специальности 1-37 01 07
«Природоохранная деятельность» дневной формы обучения



Брест 2012

УДК 373:53

Методические указания состоят из вступительной части, где приведены основные понятия генетики, алгоритм решения генетических задач, а также 5 специальных разделов. В специальной части приведены условные обозначения, принятые в генетике, примеры решения задач по разделам на моно- и дигибридное скрещивание, группы крови, сцепленное с полом наследование, кроссинговер, а также задачи для самоконтроля.

Основная цель методических указаний – оказать помощь студентам в выполнении практических работ и подготовке к экзамену.

Составители: В.Н. Босак, доцент, к.б.н.
Л.А. Кобринец, ассистент

ВВЕДЕНИЕ

Раздел «генетика» является одним из самых важных и сложных в курсе общей биологии. На протяжении тысячелетий человек пользовался генетическими методами для улучшения домашних животных и возделываемых растений, не имея представления о механизмах, лежащих в основе этих методов. Отбирая определенные организмы из природных популяций и скрещивая их между собой, человек создавал улучшенные сорта растений и породы животных, обладавшие нужными ему свойствами. И только в XX в. ученые стали осознавать в полной мере важность законов наследственности и ее механизмов. С тех пор генетика достигла больших успехов в объяснении природы наследственности на уровне организма и на уровне гена. Решение же генетических задач позволяет понять сущность процессов наследования различных признаков.

1 Основные понятия генетики

Аллельные гены – парные гены – различные формы одного и того же гена.

Ген – единица наследственного материала (генетической информации); участок молекулы ДНК (у высших организмов) и РНК (у вирусов и фагов), содержащий информацию о первичной структуре одного белка.

Генотип – совокупность генов, полученных от родителей.

Гетерозигота – особь, которая дает гаметы разных сортов.

Гибриды – организмы, получающиеся в результате скрещивания.

Гомозигота – особь, которая дает гаметы одного сорта.

Дигибридное скрещивание – скрещивание по двум парам признаков.

Доминантный признак – признак, который проявляется всегда.

Изменчивость – способность организмов приобретать в течение жизни новые признаки и свойства.

Моногибридное скрещивание – скрещивание по одной паре признаков.

Наследственность – способность организмов передавать из поколения в поколение свои признаки и свойства (особенности строения, функций, развития).

Полигибридное скрещивание – скрещивание по нескольким парам признаков.

Рецессивный признак – признак, который подавляется.

Фенотип – совокупность внешних и внутренних признаков и свойств организма.

2 Решение типовых задач

2.1 Условные обозначения, используемые для решения задач

P – родительские организмы, взятые для скрещивания (от латинского «parenta» - родители);

♀ - женский пол («Зеркало Венеры», при записи схемы скрещивания его ставят первым);

♂ - мужской пол («щит и копье Марса», его пишут вторым);

x – знак скрещивания

G – гаметы

F – гибридное потомство (от латинского «филе» – дети) с цифрой, соответствующей порядковому номеру поколения: F₁, F₂, и т.д.;

A, B и др. – доминантный признак (прописные буквы);

a, b и др. – рецессивный признак (строчные буквы).

2.2 План решения задачи по генетике

1. Запись условия генетической задачи. Условие задачи необходимо записать в виде символов. Вначале записывают, что дано (признаки родительских форм) и что требуется определить (признаки потомков).

2. Определение типа задачи. Необходимо выяснить, сколько пар генов кодирует эти признаки, число фенотипических классов в потомстве и их количественное соотношение. Кроме этого, следует учитывать, связано ли наследование признака(-ов) с половыми хромосомами, сцепленное оно или независимое, а также какие гены взаимодействуют при наследовании – аллельные или неаллельные.

3. Решение задачи. Решать генетическую задачу необходимо в определенной последовательности. Сначала составляют цитологическую схему скрещивания родительских форм (указывают фенотипы), их гаметы, а затем решетку Пеннета для расчета возможных типов зигот (потомков) и их фенотипы.

При записи гамет следует помнить, что:

- каждая гамета получает гаплоидный (одинарный) набор хромосом (генов);
- все гены имеются в гаметах;
- в каждую гамету попадает только одна гомологичная хромосома из каждой пары, то есть только один ген из каждой аллели;
- потомок получает одну гомологичную хромосому (один аллельный ген) от отца, а другой аллельный ген – от матери;
- гетерозиготные организмы при полном доминировании всегда проявляют доминантный признак, а организмы с рецессивным признаком всегда гомозиготны.

В решетке Пеннета по горизонтали располагают женские гаметы, а по вертикали – мужские. В ячейки решетки вписывают образующиеся сочетания гамет – зиготы. Затем записывают фенотипы потомства.

4. Объяснение решения задачи. Необходимо указать, по каким законам и принципам происходит наследование признаков.

5. Ответ. В ответе необходимо ответить на все вопросы, поставленные в задаче.

2.3 Моногибридное скрещивание

Моногибридным называется такое скрещивание, при котором родители отличаются одной парой изучаемых альтернативных признаков. Мендель определил, что при скрещивании гомозиготных особей, отличающихся одной парой признаков, все потомство фенотипически единообразно.

При скрещивании моногибридов во втором поколении происходит расщепление признаков на исходные родительские в отношении 3:1. 3/4 потомков оказывается с признаками, обусловленными доминантными генами, 1/4 – с признаками рецессивного гена. Происходит фенотипическое расщепление в отношении 3:1.

В генетике для определения генотипа используют возвратное и анализирующее скрещивание.

Возвратное скрещивание – скрещивание гибрида с гомозиготной родительской особью.

Анализирующее скрещивание – скрещивание гибрида, генотип которого неясен, с гомозиготной особью по рецессивным генам аллеля.

Пример 1. Какое потомство можно ожидать черного гомозиготного быка с красной коровой, если известно, что ген черной окраски шерсти крупного рогатого скота доминирует над геном красной окраски?

Какие телята родятся от гибридной коровы и гибридного быка? Какое потомство будет от красной коровы и гибридного быка?

Решение

Введем обозначения:

A – доминантный ген черной окраски;

2. P₁: ♀ Сс × ♂ Сс
 G: Ⓒ и Ⓒ Ⓒ и Ⓒ
 F₂: 1СС : 2Сс : 1сс
 3 темных : 1 светлая окраска зерен
 75% : 25%

3. P₂: ♀ Сс × ♂ сс
 G: Ⓒ и Ⓒ Ⓒ
 F₂: 1Сс : 1сс
 1 темная : 1 светлая
 окраска зерен : окраска зерен
 50% : 50%

Пример 3. При скрещивании коричневых полевок с черными получено потомство (F₁) черного цвета. 1. Укажите генотипы родительских особей и гибридов F₁. 2. В решетке Пеннета запишите генотипы и фенотипы гибридов F₂. 3. Каково соотношение трех генотипов и характер наследования окраски шерсти у гибридов F₂? 4. Проявление какого генетического закона наблюдается в данном скрещивании?

Решение

В задаче показано моногибридное скрещивание. Полное доминирование черной окраски над коричневой.

1. Если обозначить черную окраску буквой «А», а коричневую буквой «а», то генотипы родителей и F₁ будут:

P: ♀ aa × ♂ AA
 G: ⓐ ⓐ
 F₁: Aa

Проявляется единообразие гибридов первого поколения по генотипу (Aa) и по фенотипу (черные полевки).

2. P₁: ♀ Aa × ♂ Aa
 Решетка Пеннета

	гаметы ♀	A	a
♂	A	AA (черн.)	Aa (черн.)
	a	Aa (черн.)	aa (коричн.)

3. F₂: 1AA : 2Aa : 1aa (по генотипу)

Характер наследования окраски шерсти 3:1, т.е. коричневая окраска шерсти – рецессивный признак. Особи с рецессивным признаком составляют ¼ часть всего потомства.

4. В данном скрещивании наблюдается проявление первого закона Менделя (закона расщепления).

Пример 4. (Неполное доминирование)

Растения красноплодного крыжовника при скрещивании между собой дают потомство с красными ягодами, а растения белоплодного крыжовника – с белыми ягодами. В результате скрещивания обоих сортов друг с другом получаются розовые ягоды. 1. Какое потомство возникает при скрещивании между собой гибридных растений крыжовника с розовыми ягодами? 2. Какое потомство получится, если опылить красноплодный крыжовник пыльцой гибридного крыжовника с розовыми ягодами?

Решение

Обозначим красную окраску плодов буквой «А», белую – «а».

1. P: ♀ Aa × ♂ Aa
 G: (A) и (a) (A) (a)
 F₂: AA : Aa : Aa : aa
 красные:розовые:белые
 25% 50% 25%

Гетерозигота Aa проявляет промежуточный признак (неполное доминирование).

2. P₁: ♀ AA × ♂ Aa
 G: (A) (A) (A) (a)
 F: 1AA : 1Aa
 красные : розовые
 50% : 50%

Пример 5. (неполное доминирование)

При скрещивании между собой чистопородных белых голубей потомство оказывается белым, а при скрещивании черных голубей – черным. Потомство от скрещивания белой и черной особей оказывается «голубым» (пестрым). 1. Какое оперение будут иметь потомки белого самца и «голубой» самки? 2. А потомки двух особей с «голубым» оперением?

Решение

Буквой «А» обозначим черное оперение, а белое – «а». Тогда

1. P: ♀ Aa × ♂ aa
 G: (A) (a) (a) (a)
 F₁: 1Aa : 1aa
 голубые белые
 50% 50%

Гетерозигота Aa проявляет промежуточный признак (неполное доминирование).

2. P: ♀ Aa × ♂ Aa

G: Решетка Пеннета

		гаметы ♀	
		A	a
♂	A	AA (черные)	Aa (голубые)
	a	Aa (голубые)	aa (белые)

3. F₂: 1AA : 2Aa : 1aa (по генотипу)
 1 черные : 2 голубые : 1 белые (по фенотипу)
 25% 50% 25%

2.3.1. Задачи для самоконтроля

Задача 1. Скрещивались кролики серые с белыми. Все кролики из F₁ были серые, а во втором поколении из 260 крольчат 65 имели белую окраску шерсти. Как наследуется признак? Докажите.

Задача 2. У курчавой матери и гладковолосого отца два ребенка: курчавый и гладковолосый. Определите генотип родителей. Выпишите гаметы. Определите генотип и фенотип детей. Составьте схему скрещивания.

Задача 3. При скрещивании двух растений районированного в Беларуси гороха сорта Устьянский с красными цветками получено 14 растений с красными и 5 с белыми цветками. Каковы генотипы родительских растений? Докажите.

Задача 4. При скрещивании мух дрозофил с длинными крыльями получены длиннокрылые и короткокрылые потомки. Какой из признаков определяется доминантным геном? Каковы генотипы родителей? Составьте схему скрещивания.

Задача 5. У светловолосого отца и темноволосой матери 7 детей с темными волосами. Каковы генотипы родителей? Составьте схему скрещивания.

Задача 6. У крупного рогатого скота комолость (отсутствие рогов) доминирует над рогатостью. Какое потомство можно ожидать от скрещивания комолого быка с рогатыми коровами, если известно, что в прошлом от этого быка у одной из коров был рогатый теленок? Составьте схему скрещивания.

Задача 7. У двух родителей с нормальной пигментацией родился ребенок-альбинос. Каковы генотипы родителей? Докажите.

Задача 8. У томатов ген, обуславливающий красный цвет плодов, доминирует над желтой окраской. Какие по цвету плоды окажутся у растений при скрещивании: а) гомозиготных красных с желтыми; б) гетерозиготных красных с желтыми; в) гетерозиготных красных друг с другом?

Задача 9. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым. Муж и жена кареглазые, а первый ребенок в семье – голубоглазый. Определите генотипы родителей.

Задача 10. При скрещивании коричневых ондатр с коричневыми получается коричневое потомство, а серых – серое. Когда же скрестили коричневых ондатр (доминантный признак) с серыми (рецессивный признак), то среди гибридных ондатр появились пестрые животные. Объясните почему?

Задача 11. У крупного рогатого скота шортгорнской породы гены красной и белой масти в гетерозиготном состоянии дают чалую масть. Какая часть потомков от скрещивания двух чалых родителей должна быть чалой масти?

Задача 12. У районированного сорта кукурузы гибрид «Киевский-8» иногда появляются альбиносные всходы, которые гибнут до наступления цветения из-за неспособности синтезировать хлорофилл. Каковы генотипы родителей?

Задача 13. При скрещивании темных морских свинок (шиншилла) с белыми (альбинос) получаются гибриды с промежуточной (полутемной) окраской. Какое потомство получится в результате скрещивания гибрида с альбиносом?

Задача 14. При скрещивании пятнистых (особый вид окраски) и черных собак всегда получается половина пятнистых и половина черных потомков. При разведении в себе черных упомянутый тип пятнистости никогда не выщепляется. Какое потомство может быть при скрещивании двух пятнистых собак? Составьте схему скрещивания.

2.4. Дигибридное скрещивание

Дигибридным называют такое скрещивание, при котором родители отличаются друг от друга по двум парам изучаемых альтернативных признаков.

Решение задач на дигибридное скрещивание облегчается решеткой Пеннета, составляемой соответственно числу возможных вариантов гамет. При скрещивании дигбридов она будет включать 4 типа мужских гамет и 4 типа женских гамет (одни записываются по горизонтали, другие – по вертикали). Характерное для скрещивания дигбридов расщепление фенотипов при условии полного доминирования в обоих аллелях во втором поколении 9:3:3:1.

Пример 1. Какими признаками будут обладать гибридные абрикосы, полученные в результате опыления красноплодных растений нормального роста пыльцой желтоплодных карликовых растений? Какой результат даст дальнейшее скрещивание таких гибридов? Известно, что красный цвет плодов – доминантный признак; желтый – рецессивный; нормальный рост – доминантный; карликовость – рецессивный признак. Все исходные растения гомозиготны; гены обоих признаков находятся в разных хромосомах.

Решение

Обозначим: «А» - ген, контролирующий красную окраску плодов; «а» – желтую; «В» – ген, контролирующий нормальный рост; «в» – контролирующий карликовость.

Схема скрещивания:

1. P: ♀ AАВВ × ♂ аавв

G: ♂ (АВ) ♀ (ав)

F₁: АаВв (по генотипу, гибриды дигетерозиготны)
красноплодные (по фенотипу)
с нормальн. ростом
100%

2. P₁: ♀ АаВв × ♂ АаВв

Решетка Пеннета:

гаметы	♂	♀	АВ	Ав	аВ	ав
	♀	АВ	ААВВ кр.н.	ААВв кр.н.	АаВВ кр.н.	АаВв кр.н.
F ₂	Ав	ААВв кр.н.	ААав кр.к.	АаВв кр.н.	Аавв кр.к.	Аавв кр.к.
	аВ	АаВВ кр.н.	АаВв кр.н.	ааВВ ж.н.	ааВв ж.н.	ааВв ж.н.
	ав	АаВв кр.н.	Аавв кр.к.	ааВв ж.н.	аавв ж.к.	аавв ж.к.

Таким образом во втором поколении начинается расщепление по фенотипу:

F₂: 9 краснопл.н. : 3 краснопл.н. : 3 желтопл.н. : 1 желтопл.н.

нормальн.рост карликов.рост нормальн.рост карликов.рост

Примечание. Число типов гамет определяется по формуле 2ⁿ, где n – число гетерозигот. В данном случае скрещиваемые особи дигетерозиготны. Значит, у них 4 типа гамет (2²=4).

Пример 2. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым, а способность лучше владеть правой рукой – над леворукостью, причем гены обоих признаков находятся в различных хромосомах. Кареглазый правша женится на голубоглазой левше. Какое потомство в отношении указанных признаков следует ожидать в такой семье? Рассмотрите два случая: 1. Когда мужчина гомозиготен по обоим признакам. 2. Когда он по ним гетерозиготен.

Решение

Введем обозначения:

«А» – ген кареглазости, «а» – ген голубоглазости;

«В» – ген праворукости, «в» – ген леворукости;

«аавв» – генотип женщины, голубоглазой левши (рецессивной по двум признакам);

Женщина, вступившая в брак - ○, мужчина - □

Схема тогда выглядит так:

1. P: аавв ○ ———— □ ААВВ

G: ♂ (ав) ♀ (АВ)

F₁: АаВв

кареглазый правша

100%

2. P: аавв ○ ———— □ АаВв

□	○	АВ	Ав	аВ	ав
ав	АаВв	Аавв	ааВв	аавв	к.пр.
	к.л.	г.пр.	г.л.		

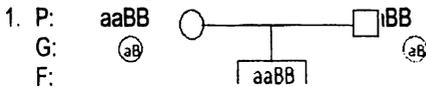
Таким образом в том случае, если генотип мужчины по исследуемым признакам дигетерозиготен, то в такой семье может быть:

- 25% кареглазых праворуких детей;
- 25% кареглазых леворуких детей;
- 25% голубоглазых праворуких детей;
- 25% голубоглазых леворуких детей.

Пример 3. Наследственная слепота у людей может быть обусловлена многими различными причинами. Различают два вида слепоты, каждая из которых определяется своим рецессивным геном: «а», и «в» (нормальное зрение – «А» и «В»). Сколь вероятно, что ребенок родится слепым, если отец и мать его страдают одним и тем же видом наследственной слепоты? А если различными?

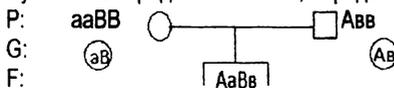
Решение

Рецессивный ген проявляется фенотипически только в гомозиготном состоянии. Если мы будем рассматривать слепоту, контролируемую геном «а», то генотипы родителей будут одинаковыми: $aaBB$



Все дети в этой семье будут страдать этим видом слепоты.

2. Пусть мать страдает слепотой, определяемой геном «а», а отец – геном «в».

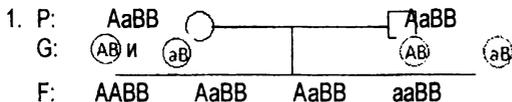


В такой семье все дети будут иметь нормальное зрение.

Пример 4. Оцените вероятность рождения ребенка слепым, если родители его зрячие, а обе бабушки страдают одинаковым видом наследственной слепоты, определяемой геном «а». А если слепота бабушек определяется различными генами (у матери – «а»; у отца – «в»)? В обоих случаях генотипы дедушек неотягощены генами слепоты.

Решение

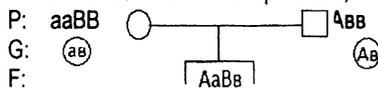
Раз обе бабушки страдают одной слепотой, то генотипы родителей будут одинаковыми: $AaBB$.



норм.зр норм. зр. норм. зр. слепой

Вероятность слепых детей в этой семье – 25%.

2. В этой семье генотип матери $aaBB$; генотип отца $Aabb$.



Все дети будут здоровы.

2.4.1. Задачи для самоконтроля

Задача 15. Какие могут быть дети, если родители их кареглазые правши, гетерозиготные по обоим признакам?

Задача 16. Гомозиготная муха дрозофила желтого цвета с очень узкими крыльями скрещена с обычной гомозиготной дрозофилой (серое тело, нормальные крылья). Какими будут гибриды? Какое потомство получится после скрещивания гибридов?

Задача 17. У родителей, имеющих нормальную пигментацию и курчавые волосы, ребенок – альбинос с гладкими волосами. Каковы генотипы родителей и каких детей можно ожидать от этого брака в дальнейшем?

Задача 18. У голубоглазого темноволосого отца и кареглазой светловолосой матери четверо детей. Каждый из них отличается по одному указанному признаку каковы генотипы родителей?

Задача 19. У морской свинки короткая шерсть доминирует над длинной, окрашенная шерсть – над белой. Короткая шерсть определяется геном «А», длинная – «а»; окрашенная – геном «В», белая – «в». Неаллельные гены расположены в разных хромосомах. Самец морской свинки, имеющий длинную окрашенную шерсть, скрещивается с короткошерстной (Аа) белой самкой. Какое потомство можно ожидать от этих двух свинок?

Задача 20. При скрещивании двух растений томатов получено 20 растений с красными плодами и цельными листьями и 22 растения с желтыми плодами и цельными листьями. Какой внешний вид родительских растений?

Задача 21. Какое будет потомство при анализирующем скрещивании гетерозиготной дрозофилы с серым телом, нормальными крыльями и дрозофилы с черным телом, зачаточными крыльями?

Задача 22. Светловолосый кареглазый мужчина из семьи, все члены которой имели карие глаза, женился на голубоглазой темноволосой женщине, мать которой была светловолосой. Какой фенотип можно ожидать у детей?

Задача 23. При скрещивании двух мух дрозофил получено 35 мух с серым телом и зачаточными крыльями и 37 мух с черным телом и зачаточными крыльями. Какой фенотип у родителей?

Задача 24. Какое потомство получится от скрещивания гетерозиготного черного комолого быка с рогатой красной коровой?

Задача 25. Какое потомство можно ожидать от скрещивания голубой некурчавой курицы с белым некурчавым петухом?

Задача 26. Какое потомство получится от скрещивания двух гибридных растений земляники сорта «Лявониha», имеющих розовые плоды и чашечку промежуточной формы?

Задача 27. У пшеницы длина колоса наследуется по промежуточному типу, а безостность доминирует над остистостью. Какие гаметы и какое потомство дадут в первом и во втором поколениях скрещенные растения пшеницы с длинным безостым колосом и остистой пшеницы, имеющей короткий колос?

Задача 28. У крупного рогатого скота латвийской породы гены красной и белой шерсти в гетерозиготном состоянии дают чалую окраску. Какое потомство будет от скрещивания чалой рогатой коровы с чалым безрогим быком?

Задача 29. У дельфиниума лиловая окраска цветка доминирует над белой, округлая форма лепестков над эллипсовидной. Аллель окраски А, аа; аллель формы В, вв. Растение дельфиниум с белыми эллипсовидными цветками скрестили с растением, дигетерозиготным по рассматриваемым признакам. Определите генотипы родительских форм, генотипы и фенотипы потомства.

2.5 Группы крови

Наследование группы крови осуществляется в соответствии с законами Менделя. По системе АВО существуют четыре группы крови. Группы крови по системе АВО определяются множественными аллелями. Установлено, что эти группы крови определяются различными сочетаниями не двух, а трех аллелей одной аллеломорфной группы генов, которые обозначаются I^A , I^B , I^O . Ген I^O подавляется генами I^A и I^B . В генотипе ген I^O пишется на втором месте (рецессивный). В группе крови I^A/I^B оба гена равнозначны – наследуются по принципу кодоминирования (не подавляют друг друга).

Таблица 1. Группы крови по системе АВ0

Группы крови (фенотип)	генотип
I, O	$IOIO$
II, A	$IAIA, IAIO$
III, B	$IBIB, IBIO$
IV, AB	$IAIB$

Аллель гена I^A определяет образование антигена A в эритроцитах и антитела β в плазме крови, аллель I^B определяет образование антигена B в эритроцитах и антитела α в плазме крови, аллель IO обуславливает отсутствие антигенов в эритроцитах и наличие антител α и β в плазме крови.

Антитело α склеивает эритроциты с антигеном A , а антитело β – с антигеном B . Знание этого имеет большое значение при переливании крови. I группу можно переливать людям с I, II, III и IV группами крови; II – со II и IV; III – с III и IV; IV – с IV.

Вторая, очень важная система группы крови – резус-фактор. Ген, определяющий резус-фактор, обозначается Rh . Он может быть в доминантном (Rh) и рецессивном состоянии (rh). Людей, обладающим этим фактором, называют резус-положительными или доминантными Rh^+ . Их генотип по этому признаку может быть $RhRh$ или $Rhrh$. Людей, не обладающих этим фактором, называют резус-отрицательными rh , а их генотип обозначают $rhrh$.

Фенотипически выражение групп крови системы АВ0 и резус-фактора относится к одному из наиболее устойчивых признаков и в течение жизни никогда не меняется.

Пример 1. Какие группы крови будут у детей, если у матери I группа крови, а у отца – IV?

Решение

P: ♀ IO × ♂ $IAIB$
 G: IO I^A I^B
 F: $IAIO$ и $IBIO$ (генотип)
 A и B (фенотип)

Ответ: Дети могут иметь группу крови A (II) или B (III).

Пример 2. В родильном доме перепутали двух мальчиков. Родители одного из них имеют I и II группы крови, родители другого – II и IV. Исследование показало, что дети имеют I и II группы крови. Определите, кто чей ребенок?

Решение

У первой пары родителей генотипы: матери – $IOIO$ и отца – $IAIA$ или $IAIO$.

Генотип второй пары родителей: матери – $IAIA$ или $IAIO$ и отца – $IAIB$;

Генотип первого ребенка – $IOIO$;

Генотип второго ребенка – $IAIA$ или $IAIO$.

Определим наследование групп крови у первых родителей:

1. P: ♀ $IOIO$ × ♂ $IAIA$
 G: IO I^A
 F: $IAIO$ (генотип)
 II (A) (фенотип)

2. P: ♀ $IOIO$ × ♂ $IAIO$
 G: IO I^A IO
 F: $IAIO$ и $IOIO$ (генотип)
 II (A) I (O) (фенотип)

Дети данных родителей могут иметь I и II группы крови.

Определим наследование групп крови у вторых родителей:

3. P: ♀ $IAIA$ × ♂ $IAIB$
 G: I^A I^A I^B
 F: $IAIA$ и $IAIB$ (генотип)
 II (A) IV (AB) (фенотип)

4. P: ♀ I^A0 × ♂ I^AB
 G: (I^A) и (0) (I^A) и (B)
 F: I^AI^A I^AB I^A0 B0 (генотип)
 II IV II III (фенотип)

У детей данной семьи возможны II, III и IV группы крови.

Ответ: ребенок с I группой крови – сын первых родителей, со II – сын вторых родителей.

Пример 3. Какие группы крови может иметь ребенок, если у отца она AB, резус положительный, у матери 0, резус отрицательный?

Решение

Генотип отца – I^AB^{Rh}Rh или I^AB^{Rh}r^h;

генотип матери – I⁰0^rh^r.

Определим генотипы детей при разных сочетаниях вступления в брак родителей:

1. P: ♀ I⁰0^rh^r × ♂ I^AB^{Rh}Rh

G: (I⁰r^h) (I^AR^h) I (I^BR^h)

F: I^AI⁰R^hr^h и I^BI⁰R^hr^h (генотип)

A^Rh⁺ B^Rh⁺ (фенотип)

2. P: ♀ I⁰0^rh^r × ♂ I^AB^{Rh}r^h

G: (I⁰r^h) (I^AR^h) (I^Br^h) (I^BR^h)

F: I^AI⁰R^hr^h I^BI⁰R^hr^h I^AI⁰r^hr^h I^BI⁰r^hr^h (генотип)

A^Rh⁺ B^Rh⁺ A^rh⁻ B^rh⁻ (фенотип)

Ответ. Дети могут иметь II и III группы крови, резус фактор как положительный, так и отрицательный.

2.5.1. Задачи для самоконтроля

Задача 30. У матери первая группа крови, а у отца – третья. Могут ли дети унаследовать группу крови своей матери?

Задача 31. Если мать имеет вторую группу крови, а отец – третью, то какова вероятность того, что дети унаследуют группы крови своих родителей?

Задача 32. У ребенка группа крови А, у отца – 0. Какая группа крови у матери? (Возможны два варианта.)

Задача 33. Можно ли переливать ребенку кровь матери, если у нее группа крови АВ, а у отца 0?

Задача 34. У родителей, имеющих группы крови В и 0, родился ребенок с группой крови 0. Какова вероятность того, что их следующий ребенок будет иметь группу крови 0? В? АВ?

Задача 35. Одна пара супругов имеет II и III группы крови, другая – III и IV. У ребенка I группа. Определите, чей это ребенок.

Задача 36. У родителей IV и III группы крови. Какие группы крови можно ожидать у детей?

Задача 37. У дочери II группа крови, у отца – IV. Возможно ли переливание крови отца его ребенку? Почему?

Задача 38. У мальчика группа крови АВ, резус положительный, а у его брата – 0, резус отрицательный. Каковы группы крови у родителей?

Задача 39. Какие группы крови может иметь ребенок, если у отца она А, резус положительный, у матери – В, резус отрицательный?

2.6. Сцепленное с полом наследование

При решении задач на наследование признаков, сцепленных с полом, следует учитывать, что хромосомный комплекс самцов и самок у большинства раздельнополых организмов неодинаков. В случае, если ген сцеплен с Y-хромосомой, он может передаваться из поколения в поколение только мужчинам. Если ген сцеплен с X-хромосомой, он может передаваться от отца только дочерям, а от матери в равной степени распределяться между дочерьми и сыновьями. Если ген сцеплен с x-хромосомой и является рецессивным, то у женщин он проявляется только в гомозиготном состоянии. У мужчин второй X-хромосомы нет, поэтому такой ген проявляется всегда.

У человека хорошо изучено наследование сцепленных с полом признаков: гемофилии, дальтонизма, белой пряди волос и др.; у птиц – вибрирования, цвета, оперения; у некоторых видов растений – ширины листа и т.д.

Следует иметь в виду, что, например, у птиц, рептилий, некоторых насекомых гетерогаметный пол – женский, гомогаметный – мужской.

Пример 1. Дальтонизм – одна из форм слепоты. Заболевание, сцепленное с полом и наследуемое по рецессивному признаку. Проявление этого признака характерно для мужчин, хотя ген дальтонизма сцеплен с X-хромосомой.

У родителей, имеющих нормальное зрение, две дочери с нормальным зрением, а сын – дальтоник. Каковы генотипы родителей?

Решение

Так как сын дальтоник, то мать, имеющая нормальное зрение, гетерозиготна по данному признаку. Таким образом в ее генотипе есть аномальный ген.

Обозначим: А- нормальное зрение; а – дальтонизм; $\frac{A}{a}$ – генотип матери (она носитель гена дальтонизма); $\frac{A}{-}$ – генотип отца.

Далее проследим, какие дети будут при данных генотипах родителей:

$$P: \frac{A}{a} \times \frac{A}{-}$$

$$G: \left(\frac{A}{-}\right) \text{ и } \left(\frac{a}{-}\right) \quad \left(\frac{A}{-}\right) \text{ и } \left(\frac{-}{-}\right)$$

$$F: \frac{A}{A}, \frac{A}{a}, \frac{A}{-}, \frac{a}{-} \quad (\text{генотип})$$

Дети в этой семье могут иметь фенотипы: дочь здоровая, сын здоровый, дочь – носитель, сын – дальтоник.

$$\text{Ответ: } \text{♀ } \frac{A}{a}, \text{ ♂ } \frac{A}{-}.$$

Пример 2. Мужчина-гемофилик женился на здоровой женщине, отец которой болел гемофилией. Каковы генотипы мужа и жены? Какой фенотип будет у их детей?

Решение

Обозначим: Н – нормальная свертываемость крови; н–гемофилия; $\frac{H}{h}$ – генотип мужчины; $\frac{H}{h}$ – генотип женщины, так как отец передал ей X-хромосому с геном гемофилии.

Определяем возможные генотипы и фенотипы детей:

$$P: \frac{H}{h} \times \frac{h}{-}$$

$$G: \left(\frac{H}{-}\right) \left(\frac{h}{-}\right) \quad \left(\frac{h}{-}\right) \left(\frac{-}{-}\right)$$

$$F: \frac{H}{h}, \frac{H}{\rightarrow}, \frac{h}{h}, \frac{h}{\rightarrow} \quad (\text{генотип})$$

носитель, здоровый, гемофилик, гемофилик (фенотип)

Ответ: ♀ $\frac{H}{h}$, ♂ $\frac{h}{\rightarrow}$. Фенотип детей: дочь – носитель, сын здоровый, дочь – гемофилик, сын – гемофилик.

Пример 3. У дрозофилы имеется пара аллельных генов, сцепленных с полом. Один из них определяет развитие белых глаз, а другой – красных. Скрещивается самка, у которой красные глаза, с белоглазым самцом. Все потомство F_1 (и самцы и самки) только с красными глазами, а самцы F_2 , как с теми, так и с другими. Напишите схему скрещивания (введя символику), определите, какой из двух аллелей доминантный, а какой рецессивный. Какова вероятность появления в F_2 белоглазых самцов?

Решение

Уже по результатам F_1 выясняется, что аллель красных глаз доминирует над аллелем белых глаз.

Обозначим: В – красные глаза; в – белые глаза.

Схема скрещивания:

$$1. P: \quad \begin{array}{c} \frac{B}{B} \\ \rightarrow \end{array} \times \quad \begin{array}{c} \frac{e}{\rightarrow} \\ \rightarrow \end{array}$$

$$G: \quad \begin{array}{c} \textcircled{B} \\ \textcircled{e} \end{array} \quad \begin{array}{c} \textcircled{e} \\ \textcircled{\rightarrow} \end{array}$$

$$F_1: \quad \begin{array}{c} \frac{B}{e} \\ \rightarrow \end{array}, \quad \begin{array}{c} \frac{B}{\rightarrow} \\ \rightarrow \end{array}$$

красные глаза

$$2. P \text{ (из } F_1) \quad \begin{array}{c} \frac{B}{e} \\ \rightarrow \end{array} \times \quad \begin{array}{c} \frac{B}{\rightarrow} \\ \rightarrow \end{array}$$

$$F_2: \quad \begin{array}{c} \frac{B}{B} \\ \rightarrow \end{array}; \quad \begin{array}{c} \frac{B}{e} \\ \rightarrow \end{array}; \quad : \quad \begin{array}{c} \frac{B}{\rightarrow} \\ \rightarrow \end{array}; \quad \begin{array}{c} \frac{e}{\rightarrow} \\ \rightarrow \end{array} \quad (\text{генотип})$$

красные красные красные белые (фенотип)
глаза глаза глаза глаза

Ответ. Вероятность появления белоглазых самцов составляет 25%.

Пример 4. У бронзовых индеек встречается своеобразное дрожание тела (вibriрование), которое оказалось наследственным. Жизнеспособность больных птиц была нормальной, а при их разведении в себе получалось аномальное потомство. Однако когда вибрирующих индюков скрещивали с нормальными индейками, то все потомки женского пола получались аномальными, а потомки мужского пола – нормальными. Как объяснить это явление?

Решение

У птиц гетерогаметный женский и гомогаметный мужской пол.

Обозначим: А – ген нормального тела, а – аллель вибрирующего тела.

$$\frac{A}{\rightarrow} \text{ – генотип индейки, } \frac{a}{a} \text{ – генотип индюка.}$$

Схема скрещивания:

$$P: \quad \begin{array}{c} \frac{A}{\rightarrow} \\ \rightarrow \end{array} \times \quad \begin{array}{c} \frac{a}{a} \\ \rightarrow \end{array}$$

$$G: \quad \textcircled{A} \quad \textcircled{\rightarrow} \quad \textcircled{a} \quad \textcircled{a}$$

$$F: \quad \begin{array}{c} \frac{A}{a} \\ \rightarrow \end{array}, \quad \begin{array}{c} \frac{A}{a} \\ \rightarrow \end{array}, \quad \begin{array}{c} \frac{a}{\rightarrow} \\ \rightarrow \end{array}, \quad \begin{array}{c} \frac{a}{\rightarrow} \\ \rightarrow \end{array}$$

В данном случае индюки – носители (болезнь не проявляется), а индейки больны.

Ответ: ♀ $\frac{A}{a}$; ♂ $\frac{a}{a}$. Потомство: индюки – носители, индейки больны.

Пример 5. У кошек ген черной масти расположен в X-хромосоме. Его аллельный ген определяет рыжую масть. Гетерозиготные по этим двум аллелям кошки имеют пятнистую окраску (получившую название «мраморной» или «черепашковой»). Почему пятнистые коты встречаются крайне редко?

Решение

Можно допустить, что расхождение хромосом при мейозе (образование гамет) не всегда может быть правильным. Может быть так: в одну гамету попадают две (в данном случае) X-хромосомы, а в другую – ни одной. Представим себе, что яйцеклетка оказалась с двумя X-хромосомами, в одной из которых локализован аллель черной окраски, а в другой рыжей: обозначим R – черная окраска, r – рыжая окраска.

Если такая яйцеклетка оплодотворится спермием, несущим Y-хромосому, то из образовавшейся зиготы разовьется черепашковый кот. Отсюда ясно, почему черепашковые коты встречаются редко.

Схема скрещивания:

P: ♀ $\frac{R}{r}$ × ♂ $\frac{R}{Y}$
 G: (Rr) ○ (R) ○
 F₁: $\frac{Rr}{Y}$ (генотип)
 черепашковый кот (фенотип)

Ответ: Имеет место неполное доминирование (взаимодействие аллельных генов). Ген окраски шерсти локализован в X-хромосоме.

2.6.1. Задачи для самоконтроля

Задача 40. Дочь дальтоника вышла замуж за сына дальтоника. Оба различают цвета нормально. Укажите генотипы родителей и первого поколения (F₁). Определите, каким будет зрение у первого поколения (сыновей и дочерей).

Задача 41. Отец и сын – дальтоники, а мать различает цвета нормально. Правильно ли будет сказать, что в этой семье сын унаследовал свой недостаток зрения от отца?

Задача 42. У женщины сын – гемофилик. Какова вероятность, что у ее сестры сын также будет гемофилик? В каком случае вероятность выше: если ген гемофилии получен женщиной от отца или от матери?

Задача 43. Мать – дальтоник, отец здоров. Каковы их генотипы? Какой фенотип у детей?

Задача 44. Могут ли нормальные по гемофилии мужчина и женщина иметь гемофилика-сына?

Задача 45. При скрещивании двух канареек получились зеленые самцы и коричневые самки. Цвет оперения сцеплен с X-хромосомой. Каков внешний вид родительской пары?

Задача 46. У некоторых пород голубей гены, определяющие белый цвет и пеструю окраску оперения, сцеплены с X-хромосомой; пестрая окраска доминирует над белой сплошной окраской. Самки у голубей гетерогаметны, самцы – гомогаметны.

У юнатов имеются пестрые и белые голуби. От их скрещивания получено 50 пестрых голубей (самцов и самок), 49 белых голубей (самцов и самок). Определите генотипы родителей и потомства.

Задача 47. У попугаев сцепленный с полом ген «В» определяет зеленую окраску оперения, «в» – коричневую. Зеленого самца скрещивают с коричневой самкой. Каковы будут F₁, F₂?

Задача 48. Отсутствие потовых желез у человека передается по наследству как рецессивный признак, сцепленный с полом. Здоровый юноша женился на девушке, отец которой лишен потовых желез, а мать и ее предки здоровы. Какова вероятность, что дети от этого брака будут страдать отсутствием потовых желез?

Задача 49. У одного двудомного цветкового растения встречается иногда рецессивный признак – узкие листья. Ген, определяющий этот признак, локализован в X-хромосоме. Гомозиготное широколистное растение было оплодотворено пыльцой узколистного. Выращенное из полученных семян женское растение было скрещено с широколистным мужским. Какими будут мужские и женские потомки от этого скрещивания? Система определения пола у этого растения такая же, как у дрозофилы и человека.

Задача 50. В некоторых популяциях ящерицы прыткой самка откладывает два сорта яиц – темной и светлой окраски, причем из темных яиц развиваются только самки, которые передают этот признак только дочерям. Определите, почему указанный признак наследуется только по женской линии? Какой процент яиц ящерицы будет иметь светлую окраску?

2.7 Сцепленное наследование. Кроссинговер

Сцепленными признаками называются признаки, гены которых расположены в одной хромосоме. Они передаются вместе в случае полного сцепления (закон Моргана или закон сцепления). Однако при первом мейотическом делении в конце профазы при конъюгации гомологичные хромосомы могут перекрещиваться и обмениваться гомологичными участками (неполное сцепление). В этом случае гены одной хромосомы переходят в другую, гомологичную ей. Тогда эти гены расходятся в разные гаметы. Чем ближе друг к другу расположены гены в хромосоме, тем реже происходит их расхождение при перекресте, и, наоборот, чем дальше друг от друга отстоят гены, тем чаще возможно нарушение сцепления. Следовательно, при полном сцеплении образуется два типа гамет в разных количествах. При неполном сцеплении генов может образоваться четыре типа гамет: 2 типа со сцепленными генами и 2 типа с хромосомами, которые обменялись гомологичными участками (такие гаметы называются кроссоверными, т.к. процесс перекреста хромосом, сопровождающийся обменом гомологичными участками гомологичных хромосом, называется кроссинговером).

Частота расхождения признаков при кроссинговере прямо пропорциональна расстоянию между генами (оно измеряется в морганидах): одна морганида равна одному проценту кроссинговера.

Процент кроссинговера между различными генами, входящими в группу сцепления, различен. Имеются гены с высоким процентом сцепления и такие, где сцепление почти не обнаруживается. Однако при сцепленном наследовании максимальная величина кроссинговера не превышает 50%. Если же она выше, то наступает свободная комбинировка между парами аллелей, неотличимая от независимого наследования.

Пример 1. Определите различия в численном соотношении образующихся гамет у двух организмов, имеющих следующую структуру генотипов:

$$1) \frac{A B}{a b}, \quad 2) \frac{A B}{\overline{a b}}.$$

Решение

У первого организма аллельные гены не сцеплены и наследуются независимо. Он образует в равном количестве четыре вида гамет (AB, Ab, aB, ab).

У второго организма наблюдается сцепление генов. Этот организм дает при полном сцеплении два вида гамет (AB и ab) в равном количестве. При неполном сцеплении генов будут образовываться дополнительные гаметы Ab и aB, но их будет значительно меньше.

Пример 2. У яблони высокий рост стебля доминирует над карликовым, а шаровидная форма плода над грушевидной, гены высоты стебля и формы плода сцеплены и находятся друг от друга на расстоянии 30 морганид. Скрестили гетерозиготное по обоим признакам растение с карликовым, имеющим грушевидные плоды. Какое потомство следует ожидать от этого скрещивания?

Решение

30 морганид указывают на наличие кроссинговера и образование кроссоверных гамет (30 %), т.е. в данном случае дается неполное сцепление и у дигетерозиготной особи можно предположить четыре типа гамет.

Обозначим: А – ген высокого роста, а – ген карликовости,

С – ген шаровидной формы, с – ген грушевидной формы.

Схема скрещивания:

$$P: \text{♀} \frac{AC}{ac} \times \text{♂} \frac{ac}{ac}$$

Решетка Пеннета:

		гаметы ♀	AC	Ac	aC	ac
	♂					
F ₁		ac	$\frac{AC}{ac}$	$\frac{Ac}{ac}$	$\frac{aC}{ac}$	$\frac{ac}{ac}$
			в.ш.	в.гр.	к.ш.	к.гр.

30 % - по 15 % каждый

70 % - по 35 % каждый

Пример 3. Скрещены две линии мышей: в одной из них животные имеют черную шерсть нормальной длины, а в другой – длинную серую. Гибриды F₁ имеют шерсть нормальную серую. При анализирующем скрещивании получилось следующее расщепление: мышат с нормальной серой шерстью – 89, с нормальной черной – 36, с длинной серой – 35 и длинной черной – 88. Как наследуются эти две пары признаков? Какой процент составляют кроссоверные мышата?

Решение

Так как гибриды F₁ имеют шерсть нормальную серую, следовательно, ген нормальной шерсти – А доминирует над геном длинной шерсти – а; а ген серой шерсти – В доминирует над геном черной шерсти – в. Неаллельные гены локализованы в одной хромосоме, сцеплены и наследуются вместе. Так как при анализирующем скрещивании появляются мышата с рекомбинированными признаками, то между анализируемыми генами неполное сцепление, и у гибридов F₁ образуется четыре типа гамет.

Генотип F₁: $\frac{AB}{ab}$

P (из F₁): $\text{♀} \frac{AB}{ab} \times \text{♂} \frac{ab}{ab}$

Решетка Пеннета:

		гаметы ♀	AB	Ab	aB	ab
	♂					
F _a		ab	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{Ab}{ab}$	$\frac{aB}{ab}$	$\frac{ab}{ab}$

То есть мышат с нормальной серой шерстью и темной длиной (как у родительских особей) всего: $89 + 88 = 177$; с рекомбинированными признаками: $36 + 35 = 71$, следовательно, кроссоверных мышат примерно 29 % (по 14,5 %).

Всего мышат 248. Это составит 100 %.

Кроссоверных: 71 ----- х %.

$$x = 29\%.$$

2.7.1. Задачи для самоконтроля

Задача 51. Генотипы А и С расположены в одной группе сцепления, расстояние между ними 5,8 морганид. Определите, какие типы гамет и в каком процентном соотношении образуют особи генотипа $\frac{AC}{ac}$.

Задача 52. Гомозиготное по обоим признакам красноцветковое (А) растение левкоя узколистное (доминантный ген – С) скрестили с белоцветковым (а) широколистным (с) растением. Гены указанных признаков локализованы в одной хромосоме, сцеплены между собой и наследуются вместе. Определите генотипы и фенотипы F₁.

Задача 53. Гены CE сцеплены, кроссинговер между ними составляет 30%. Определите, сколько появится в потомстве дигетерозиготы $\frac{CE}{ce}$ при ее самоопылении форм $\frac{ce}{ce}$ и $\frac{Ce}{e}$?

Задача 54. Дигетерозиготное красноцветковое (А) узколистное (С) растение левкоя $\frac{AC}{ac}$ скрещено с таким же растением $\frac{AC}{ac}$ из F₁; названные гены сцеплены. У этих растений 50 % мужских гамет образовалось в результате кроссинговера, остальные мужские и все женские гаметы – без перекреста. Определите формулы потомства F₂ по генотипу и фенотипу.

Задача 55. Мужчина (гетерозиготен), имеющий положительный резус-фактор и нормальную форму эритроцитов, женился на женщине с отрицательным резус-фактором и овальными эритроцитами. Гены резус-фактора и формы эритроцитов находятся в одной аутосоме. Какой генотип и фенотип будет у этих детей?

Задача 56. При скрещивании двух зеленых с нормальными листьями растений кукурузы получили 3/4 растений, сходных по фенотипу с родителями, и 1/4 растений с короткими листьями антоциановой окраски. Каковы генотипы родителей?

Задача 57. Здоровая женщина вступает в брак со здоровым мужчиной. У них рождается 5 сыновей. Двое из них страдают дальтонизмом, но имеют нормальную кровь, двое страдают гемофилией, но имеют нормальное зрение, а один страдает и дальтонизмом и гемофилией. Определите генотип матери и объясните, почему она имеет сыновей трех типов?

Задача 58. При скрещивании растения кукурузы с окрашенным выполненным эндоспермом и растения, имеющего бесцветный сморщенный эндосперм, получили 4032 окрашенных выполненных и 4035 бесцветных сморщенных зерен. Как можно объяснить эти результаты?

Задача 59. У дрозофилы ген окраски тела и ген длины крыльев локализованы в одной хромосоме и наследуются вместе. Расстояние между ними у самки 17 морганид. Причем у самцов между этими генами полное сцепление. Какое потомство можно ожидать от дигетерозиготных самца и самки? Запишите фенотипы и генотипы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ватти, К.В. Руководство к практическим занятиям по генетике: Пособие для студентов биол. фак. пед. ин-тов / К.В. Ватти, М.М. Тихомирова. – М.: Просвещение, 1979. – 189 с.
2. Задачи по современной генетике / Под ред. М.М. Аспляна. – М.: КДУ, 2005. – 224 с.
3. Каминская, Э.А. Сборник задач по генетике / Э.А. Каминская. – Мн.: Вышэйшая школа, 1977. – 128 с.
4. Кириленко, А.А. Биология. Сборник задач по генетике: учебно-методическое пособие / А.А. Кириленко. – Ростов-на-Дону: Легион, 2009. – 174 с.
5. Максимов, Г.В. Сборник задач по генетике: учебное пособие / Г.В. Максимов, В.И. Степанов, В.Н. Василенко. – М.: Вузовская книга, 2001.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:

Босак Виктор Николаевич
Кобринец Лариса Александровна

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ ПО ГЕНЕТИКЕ

**Методические указания к выполнению практических работ
по дисциплине «Биология»**

для студентов специальности 1-37 01 07
«Природоохранная деятельность» дневной формы обучения

Ответственный за выпуск: Босак В.Н.
Редактор: Строкач Т.В.
Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 31.01.2012 г. Бумага «Снегурочка». Гарнитура Arial Narrow. Усл. печ. л. 1,15. Уч. изд. л. 1,25. Заказ № 129. Тираж 40 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.