

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра кормления и разведения  
сельскохозяйственных животных

*Е. В. Давыдович*

# **СЕЛЕКЦИЯ РЫБ**

## **МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ**

*Методические указания к лабораторным занятиям  
для студентов, обучающихся по специальности  
1-74 03 03 Промышленное рыбоводство*

Горки  
БГСХА  
2019

УДК 639.3.032(072)

ББК 47.2я73

Д13

*Рекомендовано методической комиссией  
факультета биотехнологии и аквакультуры.  
Протокол № 4 от 22 декабря 2017 г.*

Автор:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Е. В. Давыдович*

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, доцент *А. В. Соляник*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Н. В. Барулин*

**Давыдович, Е. В.**

Д13 Селекция рыб. Методы селекции : методические указания к лабораторным занятиям / Е. В. Давыдович. – Горки : БГСХА, 2019. – 82 с.

Рассмотрены основные методы разведения и селекции рыб, дана их классификация. Приведены схемы скрещивания и правила расчета генотипов. Показаны результаты использования внутривидового разведения и последствия инбридинга, рассчитан коэффициент нарастания гомозиготности, описаны различные виды скрещивания и эффект гетерозиса.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбководство.

УДК 639.3.032(072)

ББК 47.2я73

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2019

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по теме «Методы селекции», предназначенные для студентов специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбодство очной и заочной форм получения образования, составлены в соответствии с программой учебного курса «Селекция рыб» и тесно связаны с лекционным и практическим материалом по данной дисциплине.

Селекция рыб – это дисциплина, которая неразрывно связана с генетикой, вместе с тем она имеет свои задачи, предмет и методы исследования. Селекция рыб направлена на создание новых пород рыб и совершенствование существующих. Селекция рыб использует генетическую изменчивость, присущую всем животным организмам. Интенсификация рыбоводческой отрасли повышает роль селекции в совершенствовании существующих пород рыб и внутривидовых групп, требует применения более совершенных методов, с помощью которых использовалась бы не только аддитивная наследственность, но и комбинативный эффект генотипов в результате правильного подбора.

Селекционно-генетические мероприятия необходимы при создании новых пород рыб, а также для их одомашнивания, при воспроизводстве озерно-речных, проходных и морских рыб, при обеспечении охраны запасов диких видов рыб, не воспроизводимых человеком.

Процесс совершенствования существующих пород рыб и создания новых, в условиях интенсивного рыбоводства, должен совершаться под действием различных методов селекции и разведения.

Настоящие методические указания помогут студентам усвоить информацию, связанную с современными методами разведения и селекции сельскохозяйственных животных в целом и с методами разведения в отрасли рыбоводства.

Задания для самостоятельной работы включают материал всех разделов по данной тематике. Вопросы для контроля знаний входят в конечную аттестацию, на их базе составлены тесты, которые предложены для самоподготовки студентов по теме «Методы селекции».

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакай, А. В. Генетика / А. В. Бакай, И. И. Кочиш, Г. Г. Скрипниченко. – Москва : Колос, 2006. – 461 с.
2. Генетика / А. А. Жученко [и др.]. – Москва : Колос, 2003. – 505 с.
3. Катасонов, В. Я. Селекция рыб с основами генетики / В. Я. Катасонов, Б. И. Гомельский. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 420 с.
4. Катасонов, В. Я. Селекция и племенное дело в рыбоводстве / В. Я. Катасонов, Н. Б. Черфас. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 184 с.
5. Караба, В. И. Разведение сельскохозяйственных животных : учеб. пособие / В. И. Караба, В. В. Пилько, В. М. Борисов. – Горки : БГСХА, 2008. – 368 с.
6. Кирпичников, В. С. Биохимический полиморфизм и процессы микроэволюции у рыб / В. С. Кирпичников // Биохимическая генетика рыб : сб. науч. ст. – Ленинград, 1973. – С. 7–23.
7. Кирпичников, В. С. Генетические основы селекции / В. С. Кирпичников. – Ленинград : Наука, 1979. – 392 с.
8. Кирпичников, В. С. Генетика и селекция рыб / В. С. Кирпичников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Наука, 1987. – 520 с.
9. Кирпичников, В. С. Селекционно-генетические исследования и состояние племенного дела в прудовом рыбоводстве / В. С. Кирпичников, В. Я. Катасонов // Генетика и селекция рыб : сб. науч. ст. – Москва : ВНИИПРХ, 1978. – С. 3–50.
10. Кожин, Н. И. Задачи генетики и селекции рыб / Н. И. Кожин // Генетика и селекция рыб : сб. науч. ст. – Москва : Наука, 1975. – С. 65.
11. Привезенцев, Ю. А. Интенсивное прудовое рыбоводство / Ю. А. Привезенцев. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 386 с.
12. Щеглов, Е. В. Разведение сельскохозяйственных животных / Е. В. Щеглов, В. В. Попов. – Москва : Колос, 2004. – 120 с.

# 1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ РАЗВЕДЕНИЯ

*Методы разведения* – это система подбора сельскохозяйственных животных с учетом их породной, видовой и линейной принадлежности для решения определенных зоотехнических задач.

Основных методов разведения два – чистопородное и различные формы скрещивания. Разведение классифицируется как по цели и форме, так и по результатам их применения на следующие виды и методы (рис. 1).

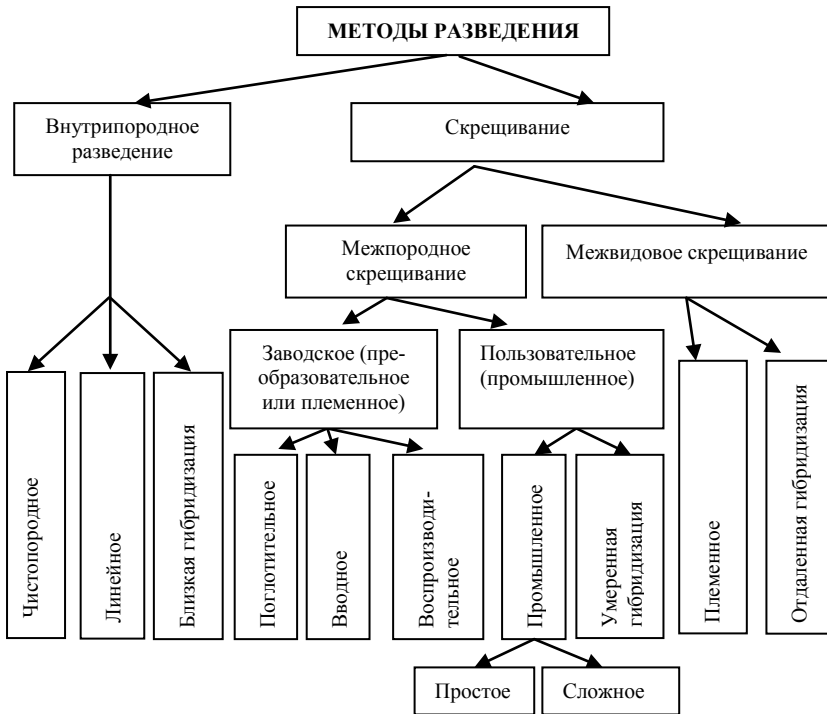


Рис. 1. Схема основных методов разведения

В. И. Караба (2005) сформулировал определение и дал более точную классификацию методов разведения.

*Методы разведения* – это научно обоснованная система подбора животных с учетом их видовой, породной, линейной (генеа-

*логической) принадлежности для получения племенных или товарных животных с желательными хозяйственно полезными признаками.*

*Биологическая сущность методов различна. При чистопородном разведении получают потомков с одинаковой наследственностью, которые по типу и продуктивным качествам сходны со своими родителями. Помесным животным присущи повышенная изменчивость и высокий уровень обмена веществ, нередко «пышное» развитие, что обусловлено гетерозисом.*

Племенные животные используются для воспроизводства и ремонта основного стада, а также для получения племенной продукции. Товарные животные предназначаются для получения различных видов животноводческой продукции и для дальнейшего разведения не используются.

## **2. ВНУТРИПОРОДНОЕ РАЗВЕДЕНИЕ**

### **2.1. Чистопородное разведение**

Внутрипородное разведение без учета генеалогической принадлежности подбираемых особей называется **чистопородным**. Если у подбираемых особей известна генеалогическая принадлежность и она учитывается для получения определенных результатов (внутрилинейных животных, кроссов, гибридов и др.), то такое разведение называется **линейным**, или **близкой гибридизацией**.

Принадлежность животного к породе в настоящее время принято устанавливать по племенным записям. В рыбоводстве генеалогические записи не ведутся. Генеалогическую принадлежность у ценных видов рыб и отдельных производителей определяют по гематологическим показателям и биохимическому полиморфизму белков (генэкспертиза). Чистопородными считаются животные, у которых чистопородны и отец и мать, а также животные, полученные от поглотительного скрещивания, но не ниже четвертого и пятого поколений по улучшающей породе.

*Породы сыграли в эволюции одомашненных животных большую роль, однако люди, работая с каждой из них, сузили и ограничили требования к животным сравнительно немногими признаками, в результате чего и достигли в развитии этих признаков очень больших успехов. Там, где животные, принадлежащие к той или иной породе, не ограждаются от стихийных скрещиваний с животными других*

*пород, особенности, которыми славятся эти породы, неизбежно теряются.*

В рыбоводстве чистопородным разведением называют систему скрещивания рыб, принадлежащих к одной породе. Потомство, полученное при таком разведении, называют «чистым». Главная задача чистопородного разведения – это сохранение и совершенствование породных качеств рыб. Каждая порода – это ценный материал, большая народнохозяйственная ценность, которую необходимо сохранять в «чистоте», но непременно вести работу по совершенствованию каждой породы. Если прекратить работу по улучшению продуктивных помесей той или иной породы рыб, то это может привести к вырождению и в конечном счете к исчезновению данной породы рыб.

Наряду с установлением общих закономерностей в эволюции одомашненных пород рыб затрагиваются и организационные формы ведения селекционной работы с породами.

Важнейшей биологической особенностью чистопородных животных является стойкая передача по наследству породных качеств, закрепленных отбором и длительным однородным подбором. Они отличаются незначительной изменчивостью признаков отбора, желательным типом экстерьера и форм телосложения, характерной продуктивностью.

**Основной целью чистопородного разведения** является сохранение и совершенствование продуктивных и племенных качеств породы в избранном направлении. Длительное применение чистопородного разведения по определенной селекционно-генетической программе дает возможность повысить продуктивность основных пород всех видов сельскохозяйственных животных.

Использование чистопородного разведения позволяет селекционерам создавать выдающихся животных и целые стада высокой племенной ценности.

**К важнейшим условиям, обеспечивающим успешное решение задач чистопородного разведения, относятся:**

*- направленное выращивание ремонтной молоди и создание для рыб максимально благоприятных условий кормления и гидрохимического режима в водоемах;*

*- правильная оценка племенной ценности маточного поголовья;*

*- целенаправленный методический отбор и подбор;*

*- существование в породе разнокачественных структурных элементов (отводок, семейств и др.);*

*- достаточно большое поголовье разводимых рыб и максимально широкий ареал рыборазведения данной породы;*

- высокий уровень культуры ведения селекционной работы.

**Чистопородное разведение является основным методом разведения сельскохозяйственных животных**, на котором базируется межпородное разведение, т. е. без чистопородного разведения кроссы пород и товарная гибридизация существовать не могут. Для всех видов межпородного скрещивания необходимы хорошо отселекционированные заводские породы.

**Задание 1.** Перечислите основные методы разведения. Охарактеризуйте внутрипородное разведение без учета генеалогической принадлежности подбираемых особей.

**Задание 2.** Приведите схему классификации методов разведения. Дайте определение методам разведения.

## 2.2. Линейное разведение

При чистопородном разведении используют кроссы, отводки и семейства и линии.

Скрещивание между собой отселекционированных на высокую продуктивность и сочетаемость инбредных линий называют **кроссом**. При кроссе получают из гомозиготных популяций рыб гетерозиготные.

**Линия** – это группа биологических объектов, происходящих от выдающегося предка-самца.

Линия в породе может возникнуть случайно, без целенаправленной работы специалиста. Однако такая линия быстро элиминируется, так как сходство с предком-самцом в результате расщепления уменьшается вдвое. При этом происходит следующее распределение генов родоначальника по поколениям потомков (табл. 1).

Таблица 1. Доля генотипа потомка, полученного от производителя

| Поколения потомков родоначальника | Доля генов     |
|-----------------------------------|----------------|
| I                                 | 50 % (1/2)     |
| II                                | 25 % (1/4)     |
| III                               | 12,5 % (1/8)   |
| IV                                | 6,25 % (1/16)  |
| V                                 | 3,125 % (1/32) |

Метод разведения по линиям позволяет сохранить на определенном уровне генетическое сходство с родоначальником и тем самым воспрепятствовать потере линии.



Классическая схема разведения по линиям состоит из следующих этапов:

- 1 – выделение или выведение родоначальника (высокоценного производителя);
- 2 – подбор маток и размножение потомства родоначальника; создание однородной родственной группы с использованием инбридинга;
- 3 – определение модели желательного типа и стандарта линии;
- 4 – закрепление типа путем внутрелинейного подбора;
- 5 – ветвление линии;
- 6 – обогащение линии путем использования животных других линий (кроссов).

Организация разведения по линиям может быть условно разделена на более общие этапы: закладка линии; ведение линии; межлинейный кросс.

**Закладка линии.** Перед закладкой линии прежде всего необходимо определить цели и задачи, а также приемы и план работы. Создание линии может производиться как при создании новой породы, так и при совершенствовании существующей.

Для выведения линии должен быть выделен или специально получен на основе всесторонней оценки по происхождению, собственным качествам и оценки по потомству выдающийся производитель-родоначальник.

Самый простой и распространенный путь образования новой линии – это выделение ее как ветви из старой, когда появляются отдельные животные со значительно более высокими достоинствами, чем остальные представители линии. При выборе потенциального родоначальника линии требуется, чтобы он не только сам обладал комплексом желательных признаков и свойств, но и давал однородное высокоценное потомство, т. е. был препотентным улучшателем.

Семейство – это группа биологических объектов, происходящих от выдающейся производительницы-самки.

Термин «кросс» указывает на использование потомства при сочетании различных линий. В рыбоводстве такой элемент генеалогической структуры породы, как «кросс», широко не используется, однако в птицеводстве является основным методом разведения.

**Кроссы линий** – это подбор между собой животных, принадлежащих к разным линиям (семействам или отводкам), т. е. производится разнородный, неродственный подбор самцов одной линии к самкам, происходящим из другой линии. Целью межлинейного подбора является получение животных, сочетающих выдающиеся признаки

обеих линий. При межлинейных кроссах расширяется наследственная основа, увеличивается изменчивость, открываются возможности для поисков наилучших сочетаний, появляется возможность создания животных желательного типа и выявления родоначальников новых линий. Кроссы линий должны широко использоваться в товарных хозяйствах, так как они открывают возможность использования внутривидового гетерозиса при чистопородном разведении.

*Таким образом, в кроссах ценные качества одной линии, дополняя качества другой, обогащают в своем сочетании наследственность потомства. В этом отношении кроссы линий являются синтезом того, что накоплено в каждой линии или семействе.*

В рыбоводстве иногда при работе с отдельным отводком представители линии становятся в такой степени инбредированными, что дальнейшее размножение линий с применением родственного подбора может угрожать инбредной депрессией. Чтобы этого избежать, инбредных маток вынуждены подбирать с неродственными им производителями из другой линии. Такой метод носит название «обновление генотипа».

Подбор инбредных производителей с неродственными им (аутбредными) матками из другой линии носит название **«топкроссинг»** (табл. 2). Подбор инбредных самцов одной линии с инбредными самками другой линии называется **инкроссингом** (табл. 3). Подбор аутбредных самцов одной линии с инбредными самками другой линии называется **ботомкроссингом** (табл. 4).

Таблица 2. **Топкроссинг**

|  |  |  |  |  |   |   |  |
|--|--|--|--|--|---|---|--|
|  |  |  |  |  |   |   |  |
|  |  |  |  |  | ▲ |   |  |
|  |  |  |  |  |   | ▲ |  |

Примечание. Мать аутбредна, отец инбреден.

Таблица 3. **Инкроссинг**

|   |  |   |  |  |  |   |  |
|---|--|---|--|--|--|---|--|
|   |  |   |  |  |  |   |  |
| * |  |   |  |  |  | □ |  |
|   |  | * |  |  |  | □ |  |

Примечание. Мать инбредна по одному предку (\*), отец инбреден по другому предку (□).

Таблица 4. Ботомкроссинг

|  |   |   |  |  |  |  |  |
|--|---|---|--|--|--|--|--|
|  |   |   |  |  |  |  |  |
|  | • |   |  |  |  |  |  |
|  |   | • |  |  |  |  |  |

Примечание. Мать инбредна, отец аутбреден.

**Инцухт** – инбредирование в растениеводстве.

**Инцест** – близкородственные связи у человека.

**Инбредный минимум** – это такое состояние инбредных линий, при котором изучаемые показатели уже не ухудшаются. Это указывает на гомозиготное состояние по большинству генов в таких линиях. Линии, достигшие инбредного минимума, называют **чистыми линиями**.

**Задание 3.** Дайте определение терминам: кроссы, отводки и семейства и линии.

**Задание 4.** Охарактеризуйте схему разведения по линиям.

**Задание 5.** Приведите примеры и схемы топкроссинга, инкроссинга и ботомкроссинга.

### 2.3. Близкая гибридизация

**Внутрипородной близкой гибридизацией** называется подбор узкоспециализированных отцовских и материнских линий одной породы на основе дифференцированной селекции животных в племенных хозяйствах по определенным признакам, проверенных на сочетаемость и дающих комплексный гетерозисный эффект. Иными словами, гибридизация есть кросс с прогнозируемым эффектом гетерозиса. Внутрипородная гибридизация может быть основана и на подборе сочетающихся внутрипородных типов.

В птицеводстве с переводом на промышленную технологию основным методом стало разведение по линиям и на его основе – создание **синтетических гибридов (кроссов)**. Преобразование индивидуальных качеств производителя в групповые, свойственные линии особенности наиболее существенно в работе по разведению птицы по линиям. Птица определенных линий характеризуется большей однородностью и продуктивностью по сравнению со средней по породе. В этих целях выводятся инбредные линии с применением родственного спаривания при очень большой браковке поголовья. При скрещивании таких линий проявляется эффект гетерозиса.

В птицеводстве все реже используется традиционное выведение только инбредных линий внутри породы, вместо этого применяется новый метод создания **синтетических линий**, формируемых в результате скрещивания отселекционированных по отдельным признакам линий. Потомство получаемой гибридной птицы происходит от скрещивания сочетающихся линий одной или нескольких пород. Так, используя биологический эффект гетерозиса, получают высокопродуктивную двух-, трех- и четырехлинейную гибридную птицу.

**Задание 6.** Объясните принцип близкой гибридизации. Что такое синтетическая селекция, где она применяется?

#### 2.4. Классификация инбридинга

При чистопородном разведении для создания высокоинбредных линий, кроссов или семейств используют иногда близкородственное скрещивание, или инбридинг.

**Инбридинг** – это скрещивание животных, находящихся в родстве. Родственное спаривание на одного общего предка называется простым инбридингом. Инбридинг называется комплексным, если при получении потомства в системе скрещивания использовалось несколько общих предков. По цели использования инбридинг бывает двух видов (рис. 2).

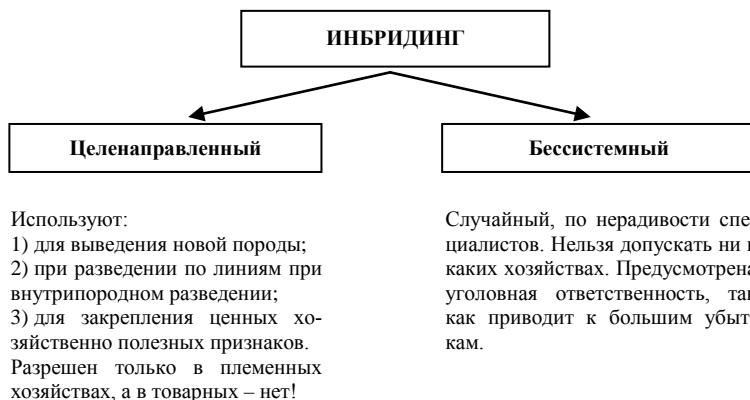


Рис. 2. Классификация инбридинга

Нередко инбридинг приводит к вредному действию, которое называется инбредной депрессией, или дегенерацией.

***Признаки инбредной депрессии (дегенерации):***

- снижение продуктивности;
- снижение воспроизводительной способности, вплоть до полной стерильности рыб;
- снижение адаптивной способности, низкий уровень выживаемости и приспособленности к факторам окружающей среды;
- увеличение количества аномалий, болезней и отклонений;
- остановка развития эмбрионов;
- смерть на ранних стадиях онтогенеза.

***Меры борьбы с инбредной депрессией:***

- 1) не допускать инбридинг в товарных хозяйствах;
- 2) вести целенаправленный инбридинг, только в племенных хозяйствах с целью закрепления ценных хозяйственно полезных признаков выдающихся животных;
- 3) при использовании инбридинга проводить «жесткую браковку» – до 70 % новорожденных уничтожать;
- 4) своевременно применять неродственное скрещивание – аутбридинг.

**Задание 7.** Что такое инбридинг? Назовите его цели и задачи. Классификация инбридинга.

**Задание 8.** Объясните значения следующих понятий: инцухт, инцест, инбредный минимум, инбредная депрессия. Где и когда они встречаются, меры профилактики?

## **2.5. Генетическая сущность инбридинга**

При инбридинге генетическая структура популяции изменяется в сторону увеличения гомозиготности и снижения гетерозиготности (меньше  $2Pq$  ( $Aa$ ) и больше генотипов  $P^2_{AA}$  и  $q^2_{aa}$ ). Сущность инбридинга:

1. Биологические процессы при инбридинге не проходят бесследно для наследственности, они ее изменяют.

2. Под влиянием инбридинга идет глубокая анатомо-физиологическая перестройка организма, которая может привести к снижению резистентности организма, к снижению плодовитости и измельчению потомства.

3. При инбридинге происходит возрастание гомозиготности, как по доминантным, так и по рецессивным признакам.

4. Инбредную депрессию можно снизить путем аутбридинга и повышения гетерозиготности. Чем выше гетерозиготность популяции, тем меньше последствия инбредной дегенерации.

5. Чем выше гомозиготное состояние популяции, тем сильнее будет проявляться инбредная дегенерация.

6. Если организм побеждает условия, в которые его поставил инбридинг, то появляется что-то новое в наследственности. Новообразование признаков при инбридинге возможно только за счет мутаций.

7. Основная цель родственного разведения – сохранение конкретных наследственных особенностей того или другого выдающегося предка.

**Задание 9.** Объясните генетическую сущность инбридинга.

## **2.6. Способы вычисления коэффициента нарастания гомозиготности**

*1-й способ определения степени инбридинга* разработан А. Шапоружем (1909) и И. Пушем.

Способ, предложенный А. Шапоружем, позволяет выполнить качественную характеристику степени инбридинга (рис. 3). Для использования этого способа необходимо на **первом этапе** изучить родословную и пронумеровать ряды предков по порядку.

**Пример.** Составить родословную на корову Вертихвостку.

0 – Пробанд – это биологический объект, на котором строится родословная или собираются сведения о предках (в нашем примере корова Вертихвостка).

I – Мать и Отец пробанда, его родители.

II – Дедушки и Бабушки.

III – Прабабушки и Прадедушки.

IV и т. д.

На **втором этапе** необходимо отметить повторяющихся предков, как по материнской, так и по отцовской линии (\*).

ПРОБАНД *Вертихвостка*

|     |      | Левая половина матерей |      |      |      | Правая половина отцов |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|------|------------------------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| I   | М    |                        |      |      |      |                       |      |      | О    |      |      |      |      |      |      |      |
| II  | ММ   |                        |      |      | ОМ*  |                       |      |      | МО   |      | ОО   |      |      |      |      |      |
| III | МММ  | МММ*                   | МММ  | ОММ  | МММ  | ОММ                   | ОММ  | ОММ  | ММО  | ОМО  | МОО  | ООО* |      |      |      |      |
| IV  | ММММ | ОМММ*                  | ММММ | ОМММ | ММММ | ОМММ                  | МООМ | ОООМ | МММО | ОММО | ММОМ | ОМОМ | ММОО | ОМОО | МООО | ОООО |

\* Повторяющиеся предки.

Рис. 3. Схема решетчатой родословной

На **третьем этапе** записываются ряды предков, в которых встречаются одинаковые родственники сначала в левой (материнской) половине, а затем в правой (отцовской).

В нашем примере II; IV–III.

Используя степень родства по А. Шапоружу, с помощью таблицы, разработанной Пушем, устанавливают степень родства (табл. 5).

Исходя из нашего примера, для получения Вертихвостки был использован близкий инбридинг (II–III).

Т а б л и ц а 5. Степени родства по А. Шапоружу – Пушу

| Степень родства            | Родственное скрещивание   | Запись родства по А. Шапоружу                           |
|----------------------------|---|---|
| I. Тесное (кровосмешение*) | Мать – Сын<br>Дочь – Отец<br>Брат – Сестра  | I–II<br>II–I  |
| II. Близкое                | Бабушка – Внук<br>Дедушка – Внучка<br>Дядя – Племянница<br>Тетя – Племянник<br>Сводные братья ×<br>Сводные сестры (полусибсы)<br>Двоюродные братья ×<br>Двоюродные сестры | I–III; III–I<br>II–II; III–III<br><b>II–III; III–II</b> |
| III. Умеренное родство     | Троюродные<br>Дальние родственники  | IV–IV; III–IV<br>IV–III; V–V<br>I–V; V–I                |
| IV. Дальнее родство        | Дальше V поколения  | V–VI; VI–V; VI–VI                                       |

\* Данная формулировка использовалась селекционерами вплоть до середины XX века.

**2-й способ определения степени инбридинга** разработал Саул Райт (1921) и усовершенствовал Д. А. Кисловский.

Этот способ характеризует степень возрастания гомозиготности с помощью количественного показателя – коэффициента инбридинга, или коэффициента возрастания гомозиготности.

Коэффициент инбридинга служит показателем степени инбридинга, под которым понимают вероятность уменьшения числа гетерозиготных локусов (Aa) по сравнению с исходным состоянием и увеличению числа гомозигот (AA и aa). Его принято обозначать заглавной буквой латинского алфавита  $F$ .

Саул Райт в 1921 году предложил формулу для расчета коэффициента инбридинга, которую усовершенствовал Д. А. Кисловский.

$$F = \sum \left[ \left( \frac{1}{2} \right)^{n+n_1-1} \cdot (1+f_a) \right],$$

где  $\frac{1}{2}$  – доля наследственности, получаемая потомком от каждого родителя;

дителя;

$n$  – ряды поколений до общего предка (определяется по методу А. Шапоружа по материнской линии);

$n_1$  – ряды поколений до общего предка (определяется по методу А. Шапоружа по отцовской линии);

$\sum$  – знак суммирующего действия (используется для комплиментарного инбридинга);

$1+f_a$  – коэффициент возрастающей гомозиготности, если сам общий предок инбридирован.

Для нашего примера рассчитаем коэффициент возрастания гомозиготности для Вертихвостки (II; IV–III).

Для вычисления коэффициента возрастания гомозиготности необходимо учесть все попарные сочетания этого предка в родословной (II–III; IV–III).

$$\begin{aligned} F &= \left( \frac{1}{2}^{2+3-1} + \frac{1}{2}^{4+3-1} \right) \cdot 100 \% = \left( \frac{1}{2}^4 + \frac{1}{2}^6 \right) \cdot 100 \% = \\ &= (0,0625 + 0,015625) \cdot 100 \% = 0,078125 \cdot 100 \% = 7,8125 \%. \end{aligned}$$

Полученный результат указывает, что для выведения пробанда Вертихвостки был использован умеренный инбридинг.



**Значения коэффициента инбридинга по Д. А. Кисловскому.**

При  $F = 25\%$  и больше инбридинг тесный (кровосмешение). При  $F$  от 12,5 до 25 % инбридинг близкий. При  $F$  от 1,55 до 12,5 % и больше инбридинг умеренный. При  $F \leq 1,55\%$  отдаленное родство.

**3-й способ** разработал В. Я. Катасонов и Н. Б. Черфас (1986). Данный способ используется в рыбоводстве. Коэффициент инбридинга  $F$  определяют по числу производителей, используемых для получения потомства. При соотношении самок и самцов, приблизительно равном 1:1, величину коэффициента инбридинга за одно поколение  $F_x$  вычисляют по следующей формуле:  $F_x = \frac{1}{2N}$ , где  $N$  – общее число пред-

ков, используемых для воспроизводства производителей. При определении коэффициента инбридинга, достигаемого за несколько поколений родственного скрещивания ( $F_t$ ), используют следующую формулу:  $F_x = 1 - (1 - F_x)^t$ , где  $t$  – число поколений.

**Пример.** При использовании пяти пар производителей ( $N = 10$ ) коэффициент инбридинга за одно поколение составит:

$$F = \frac{2}{2 \cdot 10} = \frac{1}{10} = 0,10.$$

За пять поколений коэффициент инбридинга будет примерно равен:  $F_t = 1 - (1 - F_x)^5 = 1 - (1 - 0,10)^5 = 0,41$ , или 41 %.

Разные степени доли наследственности для вычисления коэффициента возрастания гомозиготности:

$$\begin{array}{lll} \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0,25; & \left(\frac{1}{2}\right)^5 = 0,03125; & \left(\frac{1}{2}\right)^8 = 0,00390625; \\ \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 0,125; & \left(\frac{1}{2}\right)^6 = 0,015625; & \left(\frac{1}{2}\right)^9 = 0,0015625; \\ \left(\frac{1}{2}\right)^4 = 0,0625; & \left(\frac{1}{2}\right)^7 = 0,0078125; & \left(\frac{1}{2}\right)^{10} = 0,00078125. \end{array}$$

Инбридинг как метод разведения широко используют в селекции многих сельскохозяйственных животных. Родственное разведение необходимо, в частности, для сохранения в селекционном стаде ценных генов, полученных от выдающегося родоначальника (разведение по линиям, семейная селекция и т. п.). Умеренный инбридинг ускоряет

процесс стабилизации породы. Инбридинг является обязательным приемом при создании генетически однородных групп, предназначенных для промышленной гибридизации.

**Пример.** В исходной популяции 80 % всех локусов находятся в гетерозиготном состоянии (Aa). Допустили целенаправленный тесный инбридинг (коэффициент инбридинга – 0,3). Исходя из условия задачи в исходной популяции было 20 % гомозигот (AA + aa). Как изменится соотношение генотипов после тесного инбридинга ( $F = 30\%$ )?

1. При инбридинге количество гетерозигот уменьшается. Вычислим, на сколько. Составим пропорцию: 80 – 100;  $x$  – 30. Следовательно,  $x = (80 \cdot 30) : 100 = 24\%$ .

2. Определим количество гетерозигот в популяции после инбридинга:  $80 - 24 = 56\%$ .

3. Рассчитаем количество гомозигот в новой популяции:  $20\% + 24\% = 44\%$ .

Следовательно, количество гетерозиготных особей в новой популяции будет находится на уровне 56 %, в то время как число гомозиготных локусов повысится до 44 %.

Однако следует иметь в виду, что это лишь расчетные, вероятностные величины. Повышению степени гомозиготности в значительной мере могут препятствовать (особенно при умеренном инбридинге) естественный и искусственный отборы, которые поддерживают в популяции, сбалансированные полиморфные системы.

**Задание 10.** Используя данные племенного учета и схему, предложенную на рис. 3, составьте решетчатую родословную и выпишите степени инбридинга по А. Шапоружу на повторяющихся предков на пробанда Утряну: М – Картина, ММ – Сойка, ОМ – Зевс, О – Барсик, МО – Акула, ОО – Зевс. Дайте обоснование полученным результатам, используя табл. 5.

**Задание 11.** Составьте схему решетчатой родословной на пробанда Геркулеса. Выпишите степени инбридинга по А. Шапоружу на повторяющихся предков. М – Весна, О – Фараон, ММ – Роза, ОМ – Гром, МО – Весна, ОО – Дуримар, МММ – Сойка, ОММ – Гром21, МОМ – Звезда, ООМ – Орел, ММО – Роза, ОМО – Гром, МОО – Крапива, ООО – Лопух, ММОМ – Крапива, ОМОМ – Лопух, МММО – Сойка, ОММО – Гром21, МОМО – Звезда, ООМО – Орел.

**Задание 12.** Используя данные задания 10, вычислите коэффициент нарастания гомозиготности 2-м способом, предложенным С. Райтом.

**Задание 13.** Используя данные задания 11, вычислите коэффициент нарастания гомозиготности 2-м способом, предложенным С. Райтом.

**Задание 14.** Используя данные племенного учета, составьте решетчатую родословную и рассчитайте коэффициент инбридинга на пробанда Самсунга: М – Моника, ММ – Килька, ОМ – Нептун, О – Нептун, МО – Икринка, ОО – Океан, МММ – Волна, ОММ – Белый лоб, МОМ – Икринка, ООМ – Океан, МОО – Волна, ООО – Белый лоб. Дайте обоснование полученным результатам, применяя качественную и количественную характеристику.

**Задание 15.** Вычислите коэффициент инбридинга 3-м способом, предложенным В. Я. Катасоновым и Н. Б. Черфас, если для закрепления признака зимостойкости в рыбнозое использовали шесть пар производителей. Как изменится степень нарастания гомозиготности через три поколения селекции? Проанализируйте полученные результаты и опишите тип инбридинга согласно классификации Д. А. Кисловского.

**Задание 16.** Вычислите коэффициент инбридинга, если для закрепления адаптивных способностей форели в рыбнозое произвели скрещивание отцовской формы с дочерьми. Как изменится степень нарастания гомозиготности через четыре поколения селекции? Проанализируйте полученные результаты и опишите тип инбридинга согласно классификации Д. А. Кисловского.

**Задание 17.** Вычислите коэффициент инбридинга, если для закрепления признаков устойчивости к краснухе у карпа провели близкородственное скрещивание. Использовали семь пар производителей. Соотношение самцов и самок составляет 1:1. Определите коэффициент нарастания гомозиготности как за одно ( $F_x$ ), так и за три поколения ( $F_7$ ) родственного скрещивания. Проанализируйте полученные результаты и опишите тип инбридинга согласно классификации Д. А. Кисловского.

**Задание 18.** Вычислите коэффициент инбридинга, если при разведении карпа был допущен целенаправленный инбридинг. Цель инбридинга – закрепление признака устойчивости к жаберному заболеванию. Для близкородственного скрещивания использовали шесть пар производителей. Соотношение самцов и самок равно 1:1. Определите коэффициент нарастания гомозиготности как за одно ( $F_x$ ), так и за три поколения ( $F_7$ ) родственного скрещивания. Проанализируйте полученные результаты и опишите тип инбридинга согласно классификации Д. А. Кисловского.

**Задание 19.** Вычислите коэффициент инбридинга, если при разведении форели был допущен целенаправленный инбридинг. Цель инбридинга – повышение оплаты корма. Для скрещивания использовали восемь пар производителей. Соотношение самцов и самок составляет 1:1. Определите коэффициент нарастания гомозиготности как за одно ( $F_x$ ), так и за два поколения ( $F_t$ ) родственного скрещивания. Проанализируйте полученные результаты и опишите тип инбридинга согласно классификации Д. А. Кисловского.

**Задание 20.** Вычислите коэффициент инбридинга, если при разведении карпа был допущен целенаправленный инбридинг. Цель инбридинга – повышение жизнестойкости. Для скрещивания использовали девять пар производителей. Соотношение самцов и самок составляет 1:1. Определите коэффициент нарастания гомозиготности как за одно ( $F_x$ ), так и за два поколения ( $F_t$ ) родственного скрещивания. Проанализируйте полученные результаты и опишите тип инбридинга согласно классификации Д. А. Кисловского.

**Задание 21.** Вычислите коэффициент инбридинга, если для закрепления признаков устойчивости изобелинского карпа к заболеванию плавательного пузыря провели близкородственное скрещивание полусибсов. Определите коэффициент нарастания гомозиготности как за одно ( $F_x$ ), так и за три поколения ( $F_t$ ) родственного скрещивания. Проанализируйте полученные результаты и опишите тип инбридинга согласно классификации Д. А. Кисловского.

### 3. МЕЖПОРОДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

**Межпородное разведение (скрещивание)** – это такое разведение, при котором потомство получают от родительских форм, принадлежащих к разным породам. Животных, полученных в результате межпородного скрещивания, называют помесями, или межпородными гибридами, в зависимости от целей и результатов использования метода. *Разведение помесных животных отцовской формы с помесями материнской формы называется разведение «в себе».*

Е. Я. Борисенко (1967) отмечал, что скрещивание как стихийное смешивание животных из разных мест известно с глубокой древности, но как сознательный прием улучшения животных одних пород с помощью других стало применяться в средние века. Наши предки – древнерусские славяне, завязав торговые связи с народами Востока, приобретали у них легких лошадей верхового типа, которых и скрещи-

вали с местными (аборигенными) породами. Сближение народов Западной Европы с народами Востока во время крестовых походов способствовало проникновению восточных лошадей в Западную Европу и скрещиванию их с европейскими. Несколько раньше скрещивание начало применяться в Испании для улучшения грубошерстных овец мериносами. Древние переселения народов и племен, войны и развивающиеся торговые связи были теми историческими предпосылками, которые способствовали заимствованию животных одними народами у других и скрещиванию этих животных с местными. Но в целом феодализм с его полунатуральным изолированным хозяйством тормозил применение скрещивания. Развитие капитализма, вызвавшее создание значительного числа заводских пород животных, наоборот, расширило возможности использования скрещивания.

Обоснованию скрещивания и его практическому использованию способствовала теория, выдвинутая французским ученым Бюффоном. Опираясь на опыт использования восточных лошадей в Западной Европе, он считал, что для поддержания ценных свойств животных, попавших в иные условия, необходим систематический завоз производителей с их родины. Для улучшения местного скота путем скрещивания его с завозным и во избежание его вырождения Бюффон также рекомендовал прибегать к завозу производителей и их повторному скрещиванию время от времени с местным скотом, улучшенным путем предшествующего скрещивания.

Тот факт, что помеси часто не удерживают своих ценных свойств и однотипности при дальнейшем разведении «в себе», породил и противоположные взгляды, согласно которым скрещивание ничего положительного в племенном животноводстве не может дать вследствие неверной передачи помесями своих свойств потомкам. По замечанию Дарвина, почти все осторожные заводчики были убеждены, что попытки установить новую расу, промежуточную между двумя очень различными, безнадежны: «...они с цепким суеверием держались за теорию чистой крови, считая ее ковчегом, в котором только и можно чувствовать себя в безопасности». Однако история животноводства свидетельствует о том, что, несмотря на известные трудности, встречающиеся при скрещивании, значительная часть современных заводских пород сельскохозяйственных животных создавалась с применением в большей или меньшей степени межпородного скрещивания.

Для характеристики происхождения помесей наиболее удобна ме-

тодика вычисления долей генотипа. Под **долями генотипа** понимают вероятную долю наследственности тех пород, которые использовались при скрещивании. Вычисление долей генотипа совпадает с упрощенной методикой вычисления генетического сходства потомка с предком (без учета инбридинга). Вычисление долей генотипа потомка ведется путем сложения долей генотипа у отца и матери и деления полученной суммы пополам. Если, например, самец-производитель имеет  $\frac{3}{4}$  генотипа по породе А, а самка-производитель имеет генотип  $\frac{1}{2}$  по этой же породе, то расчет будет следующий:

$$1) \frac{1+1}{2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}; \quad 2) \frac{1}{2} + 1 = \frac{\frac{1}{2} + 1}{2} = \frac{3}{4} + \frac{1}{2}; \quad 3) \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{2}\right) : 2 = \frac{3+2}{4 \cdot 2} = \frac{5}{8}.$$

Чистопородных животных улучшающей и улучшаемой пород обозначают единицей (1).

Как величина статистическая, доля генотипа верна лишь для достаточно больших групп животных, полученных от одного и того же типа скрещивания. А для каждого же отдельно взятого индивидуума, полученного в этом скрещивании, ее фактическая наследственная доля генотипа колеблется весьма значительно.

**Задание 22.** Определите генотип потомков, полученных от скрещивания родительских особей и имеющих следующие генотипы (табл. 6). Запишите расчеты в каждом варианте скрещивания.

Т а б л и ц а 6. **Генотипы родительских особей**

| № п. п. | Генотип родителей  | № п. п. | Генотип родителей  |
|---------|--|---------|--|
| 1       | $\text{♀} \frac{1}{2}\text{А} + \frac{1}{2}\text{Б} \times \text{♂} 1\text{Б}$ | 7       | $\text{♀} \frac{1}{2}\text{А} + \frac{1}{2}\text{Б} \times \text{♂} \frac{1}{2}\text{А} + \frac{1}{2}\text{Б}$                       |
| 2       | $\text{♀} \frac{1}{2}\text{А} + \frac{1}{2}\text{Б} \times \text{♂} 1\text{А}$ | 8       | $\text{♀} \frac{1}{4}\text{А} + \frac{1}{4}\text{Б} + \frac{2}{4}\text{С} \times \text{♂} 1\text{А}$                                 |
| 3       | $\text{♀} \frac{1}{2}\text{А} + \frac{1}{2}\text{Б} \times \text{♂} 1\text{С}$ | 9       | $\text{♀} \frac{1}{4}\text{А} + \frac{1}{4}\text{Б} + \frac{2}{4}\text{С} \times \text{♂} 1\text{Б}$                                 |
| 4       | $\text{♀} \frac{1}{4}\text{А} + \frac{3}{4}\text{Б} \times \text{♂} 1\text{А}$ | 10      | $\text{♀} \frac{1}{4}\text{А} + \frac{1}{4}\text{Б} + \frac{2}{4}\text{С} \times \text{♂} 1\text{С}$                                 |
| 5       | $\text{♀} \frac{1}{4}\text{А} + \frac{3}{4}\text{Б} \times \text{♂} 1\text{Б}$ | 11      | $\text{♀} \frac{1}{2}\text{А} + \frac{1}{2}\text{Б} \times \text{♂} \frac{1}{4}\text{А} + \frac{3}{4}\text{Б}$                       |
| 6       | $\text{♀} \frac{1}{4}\text{А} + \frac{3}{4}\text{Б} \times \text{♂} 1\text{С}$ | 12      | $\text{♀} \frac{1}{4}\text{А} + \frac{1}{4}\text{Б} + \frac{2}{4}\text{С} \times \text{♂} \frac{1}{4}\text{А} + \frac{3}{4}\text{Б}$ |

### 3.1. Биологические особенности межпородного скрещивания

Впервые научное обобщение биологической сущности и практического значения межпородного скрещивания дано Ч. Дарвином, который показал, что скрещивание по своим биологическим последствиям является методом, диаметрально противоположным родственному подбору и чистопородному разведению. Поэтому от скрещивания следует ожидать результатов, противоположных тем, какие наблюдаются при разведении животных, находящихся в родстве. Если родственный (особенно тесный) инбридинг ведет к снижению жизнеспособности потомства, к обеднению и сужению его наследственных возможностей, то при скрещивании, наоборот, получают животные повышенной жизнеспособности (особенно у гибридов  $F_1$ ) с *обогащенной и расширенной* вследствие высокой гетерозиготности *наследственной основой* и с *большими адаптивными способностями* к колеблющимся условиям среды по сравнению с чистопородными и линейными животными, особенно полученными в результате инбридинга. Скрещивание сопровождается *увеличением гетерозиготности* и получением помесных животных с лучшим развитием, большей конституциональной крепостью, стойкостью и *лучшей плодовитостью*. Скрещивание ведет не только к соединению особенностей скрещиваемых форм, но и к различным *новообразованиям*, которые служат материалом для *отбора и селекции*. Сопровождаемое строгим отбором в нескольких поколениях, скрещивание представляет собой средство изменения *старых пород и образования новых*.

Помеси ввиду их повышенной наследственной неоднородности, наследственной неустойчивости и высокой гетерозиготности при дальнейшем разведении «в себе» дают вследствие расщепления более разнообразное *потомство* и *обнаруживают большую изменчивость* и разнотипность, чем животные чистопородные. Эта закономерность была установлена еще в 1867 году чешским монахом Грегори Менделем.

Скрещивание может служить хорошим средством:

- 1) объединения в помесях признаков исходных форм (пород);
- 2) обогащения наследственных возможностей животных;
- 3) повышения их жизнеспособности и продуктивности (использование явления гетерозиса);
- 4) увеличения пластичности животных и их податливости на различные внешние воздействия.

У помесей ослаблена «*избирательность*» к условиям внешней среды, ликвидирован «консерватизм» *наследственности*; такие организмы

могут легче приспособляться к новым для них условиям и, следовательно, легче изменяться в соответствии с ними. Поэтому при практическом использовании скрещивания важно создать для помесей такие условия, при которых их развитие шло бы в направлении формирования нужных для человека типов животных.

При скрещивании происходит также вытеснение наследственности одной из исходных *пород наследственностью другой породы*. Это может иметь как положительное, так и *отрицательное значение*. Гибриды первого поколения ( $F_1$ ), полученные от отца и матери, взятых от разных пород, намного однороднее, чем гибриды, которые получены от разведения «в себе» (Н. А. Кравченко, 1973). Гибриды от скрещивания теряют гетерозис. У них происходит расщепление признаков, наблюдается появление нежелательных качеств (атавизм) и ломка сложившихся в исходных породах корреляций, иногда приводящая к образованию «мозаичности», при которой одну особенность строения тела помеси наследуют преимущественно от одной породы, другую – от второй (например, асимметрия рогов у крупного рогатого скота). В результате этого скрещивание для получения пользовательных животных в большинстве случаев заканчивают на первом же поколении, не допуская их к размножению. Однако для получения новых комбинаций генов при скрещиваниях, нацеленных на племенное улучшение, спаривание помесей с помесями часто бывает полезным и даже необходимым.

Однородность помесей первого поколения относительно велика, но меньше по сравнению с чистопородными животными. Это не является исключением из правила Г. Менделя, так как большинство хозяйственно полезных признаков, по которым отбирают сельскохозяйственных животных, имеют полигенный (обусловленный не одним, а многими генами) характер наследования.

Гетерозис при скрещивании полезен самому животному, но не всякая продуктивность повышается от гетерозиса. Например, гетерозис не повышает качество смушка или расцветки пушины у серебристо-черных лисиц и норок, качество жиропота у овец и др.

**Задание 23.** Сравните между собой чистопородное разведение и межпородное скрещивание.

**Задание 24.** Используя гомозиготное состояние родительского поголовья, скрестите, согласно законам Г. Менделя, две породные группы животных по одной и по двум парам аллельных генов с получением гибридов  $F_1$  и  $F_2$ .



### 3.2. Условия, влияющие на эффективность межпородного скрещивания

Межпородное скрещивание не даст положительных результатов, если помесным животным не будут созданы условия, способствующие развитию тех свойств и качеств, которые хотят иметь у улучшаемой или выводимой породы. В первую очередь необходимо обеспечить условия кормления и содержания, соответствующие развитию новых свойств и признаков у помесей.

При выборе пород для скрещивания следует учитывать цель подбора. К скрещиванию прибегают лишь тогда, когда есть вероятность, что помеси окажутся лучше животных материнских пород. Для этого отцовская порода должна быть значительно лучше. В улучшаемой породе следует также **отбирать** возможно лучший, хорошо приспособленный к местным условиям, *хорошо развитый маточный состав*, чтобы помесный, рождающийся от таких маток приплод был хорошо развит, отличался высокой жизнеспособностью и хорошей приспособленностью. Кроме того, скрещивание проводят в тех случаях, когда отцовская порода не лучше материнской, но от скрещивания получают помеси, имеющие преимущества над **материнской породой** благодаря особой сочетаемости или явлению гетерозиса.

**Возраст скрещиваемых индивидуумов** влияет на устойчивость наследственности. Зрелое животное более стойко передает свои признаки потомству.

**Влияние материнского организма** при скрещивании играет большую роль. Скрещивание, для которого самца и самку берут попеременно из двух пород – сначала самку из первой породы, самца из второй, а затем самку из второй, а самца из первой, называется **реципрокным скрещиванием**. Так, если при прямом скрещивании получается неудовлетворительный результат, то следует прибегнуть к реципрокному скрещиванию, чтобы исключить негативное влияние материнского организма.

Скрещивание приводит к объединению наследственных задатков генетически разных особей. Получаемое потомство обладает обогащенной наследственностью. Это открывает широкие возможности для селекции (рис. 4). Скрещивание является одним из важнейших приемов, используемых для селекции, т. е. улучшения существующих и выведения новых пород (преобразующее скрещивание).

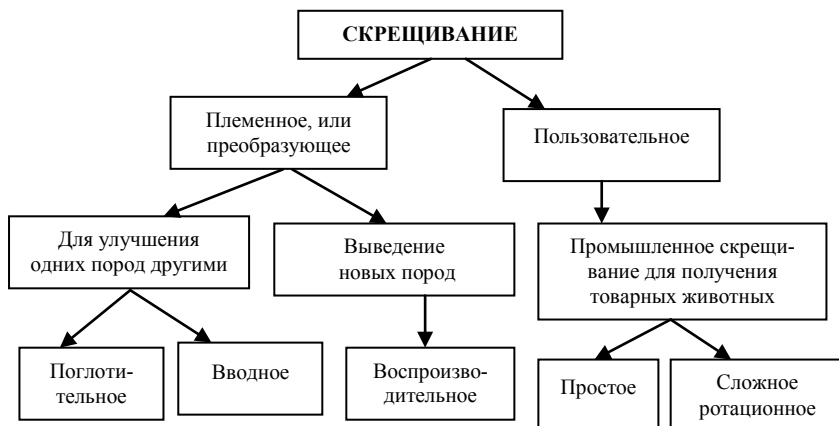


Рис. 4. Различные виды скрещивания

**Задание 25.** Используя дополнительную литературу, найдите примеры применения в рыбоводной практике различных методов скрещивания, представленных на рис. 4.

### 3.3. Характеристика поглотительного скрещивания

*Поглотительным называют такое скрещивание, при котором в течение нескольких поколений происходит преобразование местной малопродуктивной породы в высокопродуктивную путем скрещивания маточного поголовья улучшаемой породы с чистопородными производителями высокопродуктивной породы (порода-улучшитель). В результате этого улучшающая порода как бы поглощает улучшаемую.*

Цель поглотительного скрещивания заключается в коренном преобразовании породы, которая не соответствует социально-экономическим потребностям и эколого-биологическим требованиям и не может быть сразу полностью заменена другой, более совершенной породой. Этот метод разведения отличается простотой и дешевизной и считается наиболее быстрым и эффективным методом улучшения массового пользовательного животноводства (рис. 5).

*Улучшение поглотительным скрещиванием одной породы с помощью другой схематически сводится к получению помесей двух пород и к последующему подбору их в ряде поколений с производителями улучшающей породы.* В результате систематического скрещивания помесей с животными улучшающей породы местная порода все более приобре-

тает качества улучшающей породы, а также и новые качества. Животных, полученных в результате скрещивания двух пород, обычно обозначают долями генотипа по улучшающей породе: генотип помесей первого поколения –  $1/2$ , второго –  $3/4$ , третьего –  $7/8$  и т. д. Если условно улучшающую породу обозначить через Б, ее наследственность – через 1, улучшаемую породу – через А и ее наследственность по улучшающей породе – также через 1, то помеси первого поколения будут иметь следующий генотип:  $\frac{1A + 1B}{2} = \frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B$ .

При скрещивании  $\frac{1}{2}A$  с животными улучшающей породы 1Б во

втором поколении получим:  $\frac{\frac{1}{2}A + 1B}{2} = \frac{1}{4}A + \frac{3}{4}B$ .

Продолжая далее скрещивание помесных животных с чистопородными улучшающей породы, получим в третьем поколении:

$\frac{\frac{3}{4}B + \frac{1}{4} + 1B}{2} = \frac{1}{8}A + \frac{7}{8}B$  и т. д.

Обозначение помесей долями генотипа служит краткой формулой, указывающей, каким путем получены данные помеси, какова доля участия скрещенных пород в получении тех или иных помесей.

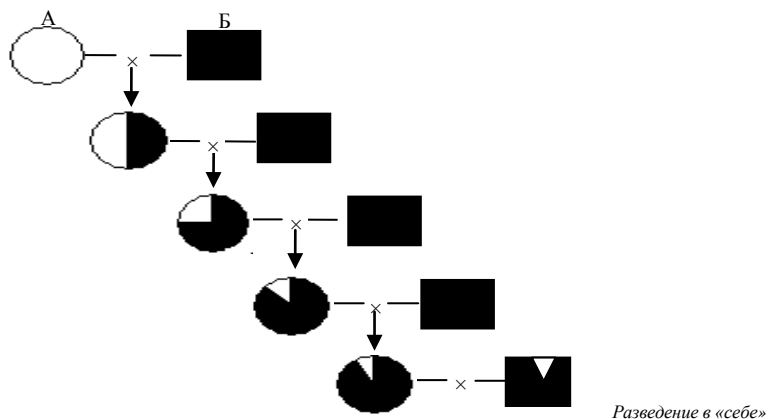


Рис. 5. Схема межпородного поглотительного скрещивания:  
А – самки улучшаемой породы; Б – производители улучшающей породы

Для группы помесных животных доли генотипа отображают генетические процессы, происходящие при их получении. Выражение степени поглотительного скрещивания (степени поглощения) долями генотипа носит, конечно, условный, относительный характер. Ведь при скрещиваниях происходят весьма сложные процессы расщепления и взаимодействия наследственных факторов новообразования, в результате чего среди помесей того же поколения встречаются особи с весьма различными генотипами и разным соотношением наследственности используемых для скрещивания пород. Может, например, оказаться, что помесь, обозначаемая как  $3/4$ , будет по своим наследственным свойствам стоять ближе к улучшающей породе, чем помесь, обозначаемая  $7/8$ . Доли генотипа указывают лишь на среднестатистические шансы получения помесей с той или иной долей наследственности животных скрещенных пород; совершенно игнорируется при этом то наследственно новое, что возникает в ряде поколений при поглотительном скрещивании как результат взаимодействия наследственности скрещиваемых животных, направленного воспитания помесного молодняка и целеустремленного отбора и подбора.

Следует отметить, что полное поглощение наследственности одной породы другой не происходит. Помеси третьего и четвертого поколений должны обязательно сохранять ценные качества улучшаемой породы. Как правило, поглощение идет до четвертого-пятого поколения (см. рис. 5). Затем при достаточно высокой степени выраженности желательного типа проводится разведение «в себе». Чтобы преобразовать путем поглотительного скрещивания стадо породы худшего качества в стадо чистопородных животных другой (лучшей по сравнению с первой) породы, обычно достаточно бывает пяти поколений. Для перевода популяции рыб улучшаемой породы в чистопородное стадо улучшающей породы требуется 18–22 года. В рыбоводстве данный метод не представляет особого интереса: вместо него целесообразна прямая замена местного материала, что благодаря высокой плодовитости рыб достигается сравнительно быстро.

*Быстрота преобразования стад улучшаемой породы в улучшающую зависит от многих причин. Важнейшие из них следующие: наследственная стойкость нежелательных признаков улучшаемой породы; степень сродства и родство между улучшаемой и улучшающей породами; качество скрещиваемых животных (особенно производителей); степень соответствия условий выращивания и эксплуатации помесей развитию у них желательных признаков, строгость*

*отбора помесей, быстрота смены поколений.* Разные признаки улучшаемых пород требуют различного числа поколений, чтобы они были полностью заменены соответствующими признаками улучшающих пород.

Известно, что метод широко начал использоваться в средневековье для улучшения примитивных и переходных пород. Он был доминирующим в первой половине XX века в Белоруссии и России для массового улучшения местных низкопродуктивных животных: свиней, крупного рогатого скота, овец, птицы и др. *В связи с созданием заводских пород и повышением общего уровня культуры животноводства этот метод потерял свое значение.*

Для наибольшего успеха и максимальной эффективности поглотительного скрещивания необходимо:

1) обоснованное, исходящее из социально-экономических интересов породное районирование пород животных;

2) правильный выбор улучшающих пород, хорошо акклиматизирующихся в месте их использования. Чем больше схожесть исходных пород, тем быстрее идет поглощение (преобразование);

3) плановое выращивание и завоз в районы, где проводится такое скрещивание, высокоценных племенных производителей улучшающей породы;

4) организация и ведение точного зоотехнического учета;

5) рациональное использование чистопородных и помесных производителей с широким применением искусственного осеменения;

6) планомерная и систематическая работа по отбору племенных животных и умелому их подбору и спариванию;

7) создание для помесных животных наиболее благоприятных условий кормления и содержания, что играет решающую роль.

Следует обратить внимание на то, что поглотительное скрещивание может дать эффект лишь тогда, когда животные улучшающей породы легко акклиматизируются, а благоприятные условия выращивания помесного молодняка содействуют развитию ценных свойств улучшающей породы.

**Задание 26.** Для достижения высоких показателей в рыбной практике рыбовода было принято решение о смене рыболопосадочного материала карпа, давно разводимого в данном хозяйстве. Какое необходимо принять решение главному специалисту?

1. Полностью изолировать от разведения местную породу, заменив ее на привезенную.

2. Скрестить местных и самок и самцов с производителями лучшей породы.

3. Оставить лучших местных самок маточного поголовья для передачи адаптивных способностей потомству и скрестить их с самцами породы с высокими селекционными показателями. Полученных в результате скрещивания гибридов  $F_1$  продолжать скрещивать с производителями привезенной породы.

**Задание 27.** При создании нивчанского внутривидового типа украинского карпа применили вводное скрещивание самок украинской породы с самцами ропшинской породы (улучшатель) до получения потомства третьего поколения. Потомство  $F_3$  скрестили между собой, а полученных потомков возвратно скрестили с украинским карпом. Составьте схему скрещивания и рассчитайте долю генотипа по исходным породам, участвующим в данном скрещивании.

### 3.4. Вводное скрещивание

**Вводным скрещиванием** называют однократное скрещивание местной породы или беспородной группы с породой-улучшателем. Затем полученных гибридов в течение нескольких поколений скрещивают с исходной местной формой (рис. 6).

Вводное скрещивание применяют обычно в том случае, когда местный материал удовлетворяет в целом требованиям селекционера. Скрещивание же используют для передачи лишь какого-то одного или немногих свойств, отсутствующих у местной породы.

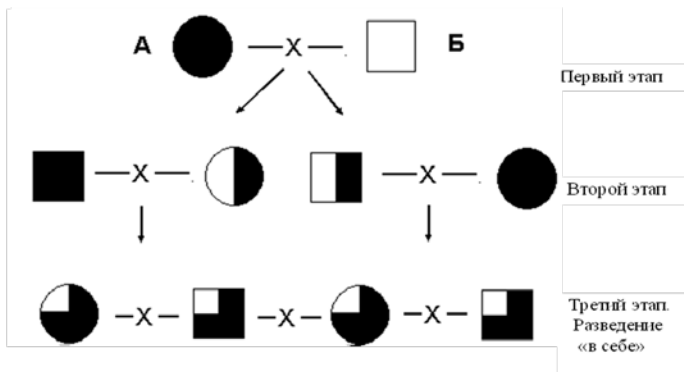


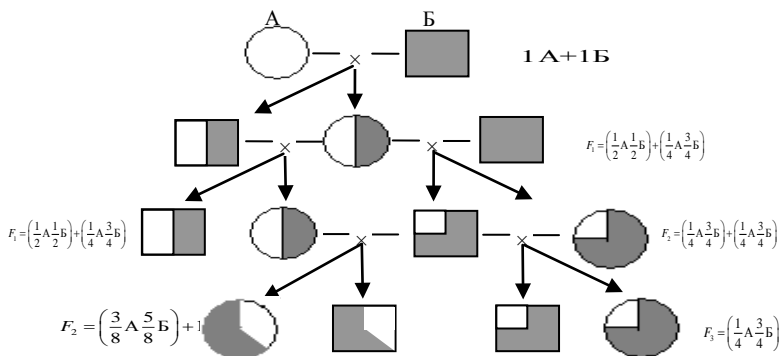
Рис. 6. Схема межпородного вводного скрещивания:  
А – основная порода; Б – улучшающая порода

Вводное скрещивание было использовано в работах по селекции нивчанского внутривидового типа украинского карпа. Для повышения общей жизнеспособности украинских карпов скрестили с ропшинскими карпами, а затем провели два возвратных скрещивания полученных помесей с украинской породой.

Скрещивание имеет как положительные, так и отрицательные последствия. Положительной стороной скрещивания является приобретение местной породой новых желательных признаков от породы-улучшателя. Однако при скрещивании происходит нарушение генетически сбалансированных систем, сложившихся в ходе предшествующей селекции породы. Проведение многократных скрещиваний при медленной смене поколений у рыб требует много времени и затягивает селекционный процесс.

### 3.5. Воспроизводительное скрещивание

*Воспроизводительным (заводским) скрещиванием называется такое скрещивание, в котором используются две или несколько исходных пород для получения новой породы, сочетающей в себе наиболее ценные качества исходных пород. Оно является основным методом ускоренного создания новых пород, т. е. одним из основных методов селекции.* Б. П. Завертяев, В. И. Волгин называют воспроизводительное скрещивание комбинационным, при котором наследственные задатки исходных пород комбинируются во вновь созданной породе (рис. 7, 8).



Разведение «в себе» лучших животных

Рис. 7. Схема воспроизводительного скрещивания: А – порода; Б – порода

**Цель и значение** воспроизводительного скрещивания – выведение новой породы, т. е. животных с новыми ценными комбинациями признаков исходных пород и другими желательными качествами. Метод отличается большой сложностью, трудоемкостью и является более рискованным относительно прогноза результативности по сравнению с другими методами скрещивания. При разнородных скрещиваниях происходят сложные расщепления и рекомбинации наследственных задатков, поэтому шансы получения помесных животных с желательным генотипом, объединяющим сложные генетические комбинации, невелики. Метод разрабатывается и осуществляется только под руководством научных учреждений, ученых высших учебных заведений в племенных хозяйствах и селекционно-гибридных центрах. *В зависимости от числа участвующих пород различают простое (две породы) и сложное (три и более пород) воспроизводительное скрещивание.*

Методом воспроизводительного скрещивания создано большинство ценных пород в странах СНГ, в основном комбинированного направления продуктивности животных разных видов (крупный рогатый скот, птица, лошади, свиньи, овцы). В последние годы в Республике Беларусь выведены белорусская черно-пестрая, белорусская мясная породы свиней, белорусская упряжная порода лошадей. В настоящее время завершена работа по выведению белорусской черно-пестрой породы крупного рогатого скота молочного направления с использованием голштинской породы по типу простого воспроизводительного скрещивания под руководством БелНИИЖа.

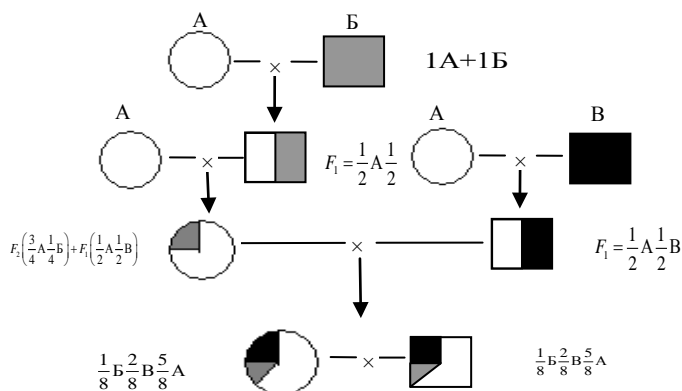


Рис. 8. Схема трехпородного скрещивания



*Воспроизводительное скрещивание условно можно разделить на пять этапов.*

**1-й этап – селекционный поиск и создание животных желательного типа** – начинается с разработки модели новой породы. Определяются тип телосложения и основные биологические, племенные и хозяйственно полезные качества будущей породы. Обращается внимание на акклиматизационные способности будущей породы. Следовательно, селекционер на основании творческого мышления (подобно архитектору), эколого-экономического обоснования и социального запроса создает представление о том, какой должен быть новый биологический объект.

**2-й этап** заключается в том, что в дальнейшем **разрабатывается схема скрещивания и подбираются исходные породы и индивидуумы**. Схемы и породы в ходе работы могут корректироваться путем скрещивания (целенаправленного подбора) двух или нескольких пород.

**3-й этап – получают помесей первого, второго, а при необходимости третьего и четвертого поколений с обогащенной и расширенной наследственностью**, с новообразованными признаками, отсутствующими у животных исходных пород. На рис. 8 показана одна из наиболее простых схем трехпородного воспроизводительного скрещивания.

Путем направленного выращивания помесного племенного молодняка и создания необходимых условий формируются животные с желательным типом. Проводится их генотипическая и фенотипическая оценка и отбор. Повторные и возвратные (реципрокные) скрещивания проводятся до тех пор, пока не будут получены помесные животные, отвечающие стандарту новой породы. Для получения животных желательного типа могут быть использованы мутации, вызванные различными методами.

Учитывая, что фенотипически ценные помеси характеризуются большой гетерозиготностью и может происходить расщепление при разведении «в себе», проводится **4-й этап**, в задачу которого входит **закрепление (консолидация) обогащенной наследственности помесей желательного типа**. Для этого используют гомогенный подбор и инбридинг различных степеней. Может проводиться жесткая браковка помесей с нежелательными качествами или их поглощение через спаривание таких самок с самцами желательного типа. Это приводит к увеличению концентрации желательных генов, ограничению изменчивости и получению устойчивых генетических комбинаций.

**На 5-м этапе работы переходят к размножению полученных ценных генетических комбинаций, созданию массива скота и формированию структурных элементов породы (внутрипородные типы, родственные группы, линии, кроссы и др.) и утверждению породы.**

Примером сложного воспроизводительного скрещивания может служить создание знаменитой орловской рысистой породы лошадей (В. Ф. Красота и др., 1990). Формирование породы продолжалось на заводе А. Г. Орлова в течение 50 лет (1780–1830). В тот период в России не было хороших упряжных лошадей, хотя нужда в них была большая. А. Г. Орлов, начиная работу по созданию орловского рысака, собрал на своем Хреновском конном заводе Воронежской губернии до трех тысяч лошадей лучших зарубежных верховых и упряжных пород. В 1775 году он привез из Турции в Россию 30 арабских жеребцов и несколько кобыл, лучшими производителями оказались бурый Султан и серый Сметанка. В качестве исходных пород использовали арабскую, датскую и голландскую.

Успех А. Г. Орлова в выведении замечательной породы объясняется не только удачным скрещиванием умело выбранных исходных пород, но и правильной системой подбора пар, тренинга и испытаний лошадей, воспитания ремонтного молодняка. На Хреновском заводе при создании породы применяли множественный умеренный инбридинг, гетерогенный и гомогенный подбор пар, разведение по линиям.

Условия применения воспроизводительного скрещивания существенным образом влияют на результативность работы. Необходимо учитывать, что часть помесей оказываются более требовательными к условиям жизни по сравнению с животными местных пород. В скудных условиях кормления у помесей доминируют признаки низкопродуктивных местных пород. Поэтому создание необходимых условий кормления и содержания животных нового типа является главным условием получения запланированного или ожидаемого результата.

Качество животных исходных пород и строгость отбора, наряду с использованием индивидуальных особенностей отдельных животных, является решающим фактором, причем следует обращать внимание в одинаковой мере на породу как отцовской, так и материнской формы.

В начале воспроизводительного скрещивания иногда последовательно скрещивают три (и более) группы животных (сложное воспроизводительное скрещивание). При этом стремятся, чтобы каждая из исходных

групп обладала какими-то ценными свойствами, объединение которых было бы желательным в создаваемой породе. Такой метод создания пород называют синтетической селекцией. Он получил очень широкое применение в рыбоводстве. Этот метод использован в селекционных работах с ропшинским, белорусским и парским карпами. На основе синтетической селекции ведется создание породы среднерусского карпа. Особый интерес представляет синтетическая селекция с использованием отдаленной гибридизации (например, при скрещивании разных видов осетровых, толстолобиков, некоторых лососевых рыб, тилапий), позволяющая создавать новые формы, отсутствующие в природе.

**Задание 28.** При создании сарбоянского карпа использовали помеси, полученные от скрещивания разбросанных белорусских карпов и амурских сазанов. Самки первого поколения ( $F_1$ ) были повторно скрещены с самцами белорусского карпа, самцы  $F_1$  – с самками ропшинского карпа. Таким образом, были заложены два отводка: северный тип и омский тип карпа. В результате скрещивания двух этих типов получили третий степной тип, который в дальнейшем разводили «в себе» до получения сарбоянского карпа. Составьте схему скрещивания и рассчитайте долю генотипа по исходным породам, участвующим в скрещивании.

**Задание 29.** При создании нового типа карпа, устойчивого к краснухе и обладающего повышенной зимостойкостью, использовали трехпородное скрещивание, состоящее из нескольких этапов: 1-й этап – скрещивали местный материал (М) с зимостойкой породой (З); 2-й этап – гибридов  $F_1$  скрещивали с породой, обладающей повышенной устойчивостью к краснухе (К); 3-й этап – полученных помесей трижды повторно скрещивали с местной породой, адаптированной к условиям окружающей среды. Составьте схему скрещивания и рассчитайте долю генотипа по исходным породам, участвующим в данном скрещивании.

**Задание 30.** При создании среднерусской породы карпа был применен принцип синтетической теории селекции. Отобрали четыре группы карпа различного происхождения: украинская (У), нивская (Н), курская (К) и загорская (З). Первые две породные группы отличались высоким темпом роста и красивым «карповым» экстерьером. Курский карп использовался в целях повышения жизнеспособности исходного материала, а загорский карп был взят за основу как аборигенный, хорошо адаптированный вид. На первом этапе проводили следующие скрещивания: К–Н, К–У, Н–У. На втором этапе полученных гибридов скрестили с загорским карпом. На третьем этапе гибридов КНЗ скрестили с КУЗ и НУЗ. Полученные отводки скрестили между собой. Составьте схему скрещивания и рассчитайте долю генотипа по исходным породам, участвующим в данном скрещивании.

### 3.6. Характеристика пользовательского скрещивания

Для получения животноводческой продукции особое место в селекционной работе занимает промышленное скрещивание, которое имеет две формы: простое и сложное (ротационное).

*Простым промышленным скрещиванием* называют скрещивание двух или нескольких пород для получения гибридов первого поколения (двухпородное) и второго поколения (трех- и четырехпородное) пользовательных животных (товарных гибридов) и исключения их из дальнейшего разведения (рис. 9, 10, 11).

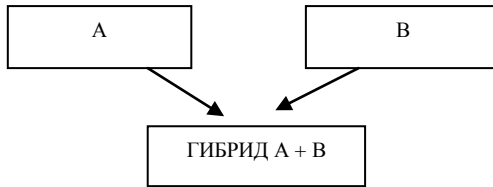


Рис. 9. Схема скрещивания отселекционированных линий двух пород или неродственных линий одной породы

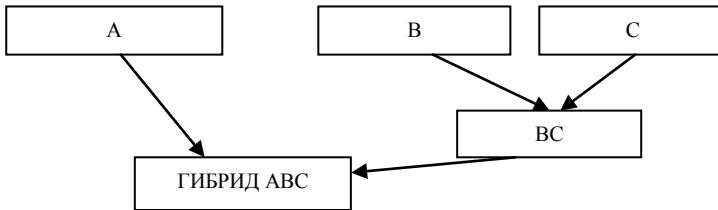


Рис. 10. Схема скрещивания отселекционированных линий трех пород или неродственных линий одной породы

При межпородных скрещиваниях и умеренной гибридной сожетаемости пород, типов или линий обеспечивает получение потомства, лучшего по количественным и качественным показателям продуктивности.

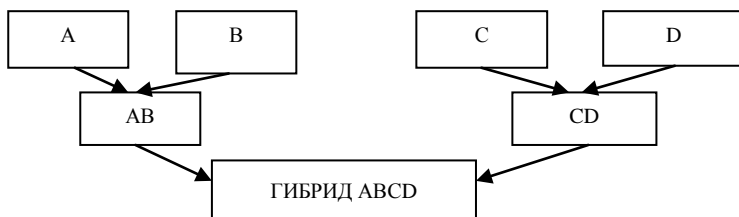


Рис. 11. Схема скрещивания отселекционированных линий четырех пород или четырех неродственных линий одной породы

*Сложное промышленное (ротационное) скрещивание* – это метод разведения, при котором попеременно чистопородных самок исходных пород, а затем и помесных спаривают с производителями исходных пород. В данном случае только для получения помесей первого поколения необходимо чистопородных самок одной из используемых в скрещивании пород спаривать с чистопородными производителями исходных пород. В дальнейшем полученных помесных самок частично используют для разведения.

Основная цель межпородного промышленного скрещивания заключается в получении помесного гетерозисного потомства. Если скрещивание животных разных пород проводится с учетом заранее отселекционированных и проверенных на взаимную сочетаемость определенных признаков, то такое разведение называется *межпородной гибридизацией*.

При промышленном скрещивании, в отличие от гибридизации, используют животных разных пород независимо от принадлежности к определенному стаду и из разных вариантов скрещивания выбирают лучших. При гибридизации формально скрещивание идет по той же схеме, но породы или внутривидовые типы и линии предварительно селекционируют по тому или иному признаку методом преимущественной специальной селекции, затем проверяют их на взаимную сочетаемость и только по результатам оценки этой сочетаемости переходят к получению товарных гибридов.

**Задание 31.** При создании нового гибридного типа карпа, устойчивого к краснухе и обладающего повышенной скоростью роста, использовали трехпородное промышленное скрещивание, состоящее из нескольких этапов: 1-й этап – скрещивали местный материал (М) с зимостойкой породой (З); 2-й этап – гибридов  $F_1$  скрещивали с породой,

обладающей повышенной скоростью роста (P); 3-й этап – полученных помесей возвратно скрещивали с местной породой, адаптированной к условиям окружающей среды. Составьте схему скрещивания и рассчитайте долю генотипов по исходным породам, участвующим в данном скрещивании.

#### 4. СИСТЕМЫ РАЗВЕДЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕТЕРОЗИСА

*Гетерозис* – это явление, обладающее противоположными инбридингу биологическими и генетическими свойствами. При гетерозисе наблюдается проявление гибридной силы, приводящей к увеличению мощности, жизнеспособности, продуктивности у гибридов первого поколения ( $F_1$ ) по сравнению с родительскими формами. Гетерозис впервые был обнаружен в 1772 году И. Кельрейтером при скрещивании двух видов табака. Впервые ввел понятие «гетерозис» американский генетик В. Шеллом в 1914 году.

Гетерозис в природе возник вместе с проявлением диплоидности и полового процесса. Он свойствен всем организмам, способным размножаться при помощи половых гамет и процесса оплодотворения (рис. 12).

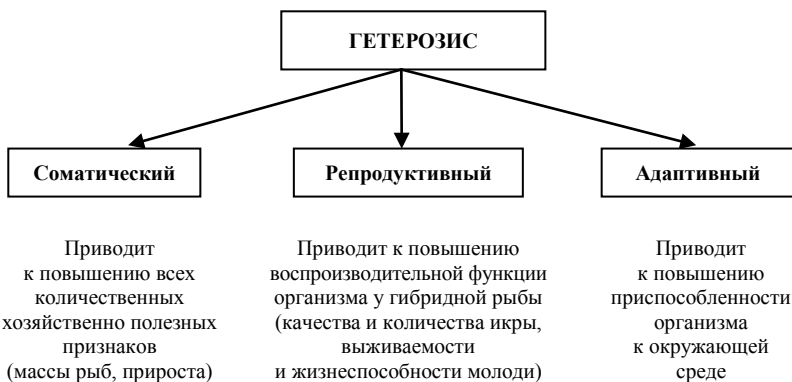


Рис. 12. Виды гетерозиса

#### 4.1. Генетическая сущность гетерозиса

Гетерозис является результатом взаимодействия многих генов. Множество действий генов приводит к гетерозисному эффекту (Ф. Г. Добжанский, 1952). В 1954 году Г. И. Лернер и Н. В. Турбин (1961–1968) предположили, что при скрещивании происходит объединение оптимальных геномов обоих родителей и у потомков первого поколения возникает наиболее благоприятная ситуация в комбинации генов.

**Гетерозиготность** – это сбалансированное взаимодействие генов в геноме. **Геном** – основной гаплоидный набор хромосом ( $n$ ), совокупность качественно различных хромосом, содержащих полный одинарный набор генов.

Существует несколько концепций, объясняющих генетическую природу гетерозиса. Наиболее широкое признание получили гипотезы сверхдоминирования и доминирования, предложенные еще в начале прошлого столетия.

Гипотеза **сверхдоминирования** объясняет возникновение гетерозиса за счет стимулирующего влияния гетерозиготности. При этом предполагается, что гетерозиготность сама по себе благоприятна для организма, иными словами, гетерозиготы имеют преимущество перед обоими типами гомозигот ( $AA < Aa > aa$ ).

Подтверждением этого может служить так называемый моногенный гетерозис, обнаруженный у многих объектов, в том числе и у рыб. Так, гетерозиготные карпы по гену чешуйного покрова (генотип  $Ss$ ) обычно имеют преимущество по жизнеспособности и росту перед гомозиготными чешуйчатыми ( $SS$ ) и разбросанными ( $ss$ ) карпами.

Основу гипотезы **доминирования** составляет представление о благоприятном действии доминантных факторов. Поскольку рецессивные аллели менее подвержены влиянию отбора, среди них могут сохраняться вредные мутации; последние при скрещивании неродственных групп переходят в гетерозиготное состояние и под прикрытием доминантных факторов утрачивают фенотипическое проявление. Подавление вредного действия таких рецессивных мутаций доминантными генами проявляется в виде гетерозисного эффекта. Таким образом, согласно данной гипотезе гомозиготы и гетерозиготы по доминантному гену обладают одинаковым преимуществом перед рецессивным типом:  $AA$  и  $Aa > aa$ .

Впоследствии эти две генетические концепции гетерозиса были дополнены представлениями о взаимодействии аллелей разных локусов.

Рассмотренные механизмы гетерозиса не исключают друг друга и могут действовать одновременно. Роль доминирования и сверхдоминирования в каждом конкретном случае может быть различна. При относительно близких скрещиваниях (межпородных, внутривидовых и т. п.) ведущая роль в возникновении гетерозиса принадлежит эффекту сверхдоминирования, при отдаленных – эффекту доминирования.

**Гетерозисный** эффект при неродственном скрещивании обнаружен у многих видов рыб.

Значительный гетерозис по жизнеспособности дает, например, скрещивание культурного карпа и амурского сазана. Гетерозисный эффект при скрещивании разных пород и породных групп установлен также в работах с другими прудовыми рыбами. Гетерозис обнаружен и у некоторых межвидовых гибридов.

Использование гетерозиса – важный источник повышения продуктивности рыб. Главная задача при этом состоит в выявлении наиболее удачных гетерозисных сочетаний партнеров, что решается путем оценки комбинационной способности. Различают два типа комбинационной способности: общую и специфическую. Под общей комбинационной способностью понимают способность определенной племенной группы (или отдельной особи) повышать свои продуктивные качества при скрещивании ее с любой другой группой. Для оценки этого показателя испытываемую племенную группу скрещивают с генетически гетерогенной группой (тестером).

При оценке специфической комбинационной способности каждую племенную группу скрещивают отдельно с разными испытываемыми группами, выявляя, таким образом, наиболее удачные сочетания.

Уровень общей комбинационной способности отражает как бы среднее значение ценности определенной группы при всех возможных сочетаниях ее с другими группами, в то время как специфическая комбинационная способность – отклонение от этого среднего уровня.

В рыбоводстве обычно сначала проводят оценку общей комбинационной способности, а затем выявленные лучшие группы испытывают на специфическую комбинационную способность.

При работе с рыбами такой путь является единственно возможным, поскольку технически очень сложно осуществить одновременную оценку большого числа комбинаций.



**Задание 32.** Используя методы оценки генотипов, составьте схему двухпородного простого промышленного скрещивания карпов с использованием самок белорусской селекции (● – Б) и самцов украинской породы (□ – У). Рассчитайте породность помесных животных  $F_1$  (в дробях и процентах).

#### 4.2. Основные показатели гетерозиса

При скрещивании генотипов и получении гибридного потомства не всегда удается улучшить селекционные признаки, но если хоть по одной позиции наблюдается повышение или улучшение признаков, то можно диагностировать не комплексный, а конкретный гетерозис:

- 1) повышение эмбриональной и постэмбриональной жизнеспособности;
- 2) снижение затрат корма на единицу продукции;
- 3) повышение скороспелости;
- 4) повышение плодовитости;
- 5) повышение продуктивности;
- 6) повышение качества продукции;
- 7) повышение адаптивной способности;
- 8) повышение стрессоустойчивости;
- 9) повышение резистентности организма рыб.

Для определения эффекта гетерозиса как в абсолютных, так и в относительных показателях предложен ряд формул. Наиболее простым и в то же время удобным является расчет индекса гетерозиса (ИГ):

$$\text{ИГ} = \frac{X_n}{X_p} \cdot 100 \%,$$

где  $X_n$  – показатель потомка;

$X_p$  – показатель одной из родительских форм.

При сравнении показателей потомка с родительскими средними показателями для расчета эффекта гетерозиса лучше использовать следующую формулу:

$$\text{ИГ} = \frac{2X_n}{X_o + X_m} \cdot 100 \%,$$

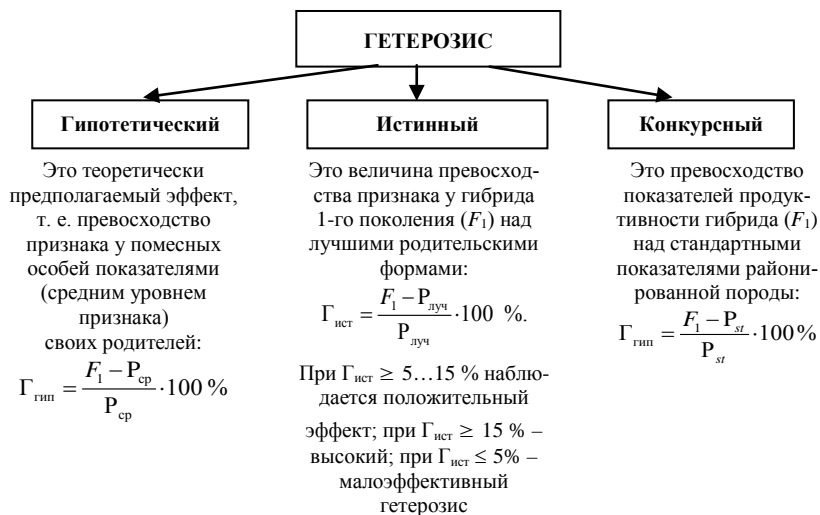
где  $X_o$  и  $X_m$  – показатели признака у отцовской и материнской формы родителей.

Если  $\text{ИГ} > 100 \%$ , то наблюдается эффект гетерозиса.

В генетических и селекционных работах для более точной характеристики гетерозиса вычисляют различные типы гетерозиса.

В рыбоводстве различают еще два типа гетерозиса: **эугетерозис** (истинный, настоящий гетерозис) и **гигантизм** (избыточный гетерозис). При эугетерозисе гибриды  $F_1$  обладают комплексом свойств, имеющих приспособительное значение: они характеризуются повышенной общей жизнеспособностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, имеют часто более высокие темпы роста и плодовитость. Обычно эугетерозис проявляется при скрещивании более или менее заинбридированных стад рыб. При избыточном же гетерозисе наблюдается усиленное развитие некоторых органов или функций, не обладающих адаптивной ценностью. Гетерозис в данном случае носит односторонний характер и не затрагивает признаки, отражающие общую приспособленность рыб.

Для изучения проявления гетерозиса используют и другие селекционные показатели (рис. 13).



Примечание. Гипотетический гетерозис всегда выше истинного гетерозиса.

Рис. 13. Типы гетерозиса

**Задание 33.** Для получения товарной рыбы провели простое промышленное скрещивание пород А и Б. Определите, имеет ли смысл в дальнейшем проводить скрещивание этих пород для получения товарной рыбы, если в результате контрольного выращивания оказалось,

что средняя живая масса рыбы породы А равна 450 г, породы Б – 475 г, у гибридов  $F_1$  (АБ) средняя живая масса за данный откормочный период составила 560 г. Стандартные показатели по массе двухлетков – 455 г. Рассчитайте индекс гетерозиса, истинный, гипотетический и конкурсный гетерозис. Дайте обоснование полученным результатам.

**Задание 34.** Для получения товарной рыбы провели гибридное скрещивание карпа с амурским сазаном. Определите, имеет ли смысл в дальнейшем проводить гибридизацию этих видов рыб, если были получены следующие результаты: средняя живая масса сеголетков карпа равна 55 г, амурского сазана – 50 г, гибридов  $F_1$  – 75 г. Стандартные показатели по районированному карпу и амурскому сазану – 55 г. Рассчитайте индекс гетерозиса, истинный, гипотетический и конкурсный гетерозис. Дайте обоснование полученным результатам.

**Задание 35.** Для получения товарной рыбы провели простое промышленное скрещивание пород А и С. Определите, имеет ли смысл в дальнейшем проводить скрещивание этих пород, если средняя масса рыбы породы А равна 2100 г, породы С – 2500 г, а масса гибридов  $F_1$  составляет 2800 г. Стандартные показатели по массе товарной рыбы – 2400 г. Рассчитайте индекс гетерозиса, истинный, гипотетический и конкурсный гетерозис. Дайте обоснование полученным результатам.

**Задание 36.** Для получения товарной рыбы провели переменное возвратное скрещивание пород А и В двумя способами. 1-й способ: порода А – улучшаемая, а порода В – улучшающая; 2-й способ – наоборот. Определите экономически выгодный метод, при условии, что масса взрослых особей породы А равна 3700 г, породы В – 3900 г, помесей АВ – 4200 г, АВА – 4800 г, АВВ – 5100 г.

## 5. МЕЖВИДОВАЯ ОТДАЛЕННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ

Закономерности наследования и наследственной изменчивости являются общими как при внутривидовой, так и при отдаленной гибридизации. При оплодотворении яйцеклетки происходит объединение в зиготе гамет двух разных генотипов – двух родителей.

Отдаленная гибридизация, как и внутривидовая, может быть осуществлена на разных уровнях:

- 1) организменном – получение многоклеточного организма;
- 2) клеточном – получение гибридной клетки в случае одноклеточных организмов и соматических клеток в культуре ткани;
- 3) молекулярном – в случае гибридизации молекул ДНК.

Однако отдаленная гибридизация имеет и ряд своих особенностей: более затруднительное получение гибридов, низкая их оплодотворяемость (фертильность) или даже полное бесплодие, а также своеобразный характер наследования признаков в потомстве.

А. С. Серебровский в работе «Гибридизация животных» систематизировал причины, препятствующие гибридизации, и дал их классификацию.

**1. Препятствия к встрече двух видов:**

- а) разобщение ареалов распространения видов;
- б) приуроченность жизни видов к разным биоценозам, т. е. к разным условиям существования.

**2. Препятствия к спариванию и осеменению у животных и опылению у растений (физиологическая изоляция – симпатрическая):**

- а) несовпадение циклов размножения (разные годовые и суточные ритмы половой активности);
- б) неспособность одного вида животных вызвать половой рефлекс у другого вида;
- в) отличия строения половых органов, затрудняющие акт спаривания;
- г) гибель сперматозоидов в половых путях самки другого вида.

**3. Препятствия к оплодотворению:**

- а) генетическая несовместимость пронуклеусов, несущих разные геномы;
- б) физиологическая несовместимость ядра и цитоплазмы, вызванная биохимическими и физиологическими различиями разных видов, что ведет к нарушению деления.

**4. Нежизнеспособность или малая жизнеспособность гибридной зиготы в силу аномальных митозов и других причин.**

**5. Нарушения в развитии плода, приводящие к появлению нежизнеспособных уродов и т. д.**

Однако в результате разработки методов искусственного оплодотворения животных и использования их при гибридизации все эти препятствия были устранены.

При скрещивании лошади с ослом предпочитают получать *мулов* – это ценные выючные животные, превосходящие лошадей по работоспособности, выносливости, долговечности и незаменимые в горных районах.

**Зеброидов** получают главным образом в Африке и используют в районах, где лошади погибают из-за неспособности к адаптации.

В настоящее время среди млекопитающих получено более 60 межпородных гибридов и примерно 275 межвидовых.

Для повышения скрещиваемости видов используют следующие способы:

1) смешивание спермы особей разных видов, что стимулирует прохождение ее в половых путях самки и повышает оплодотворяющую способность;

2) применение гормональных препаратов в качестве стимуляторов, БАС – супермутогенов;

3) пересадка гонад в случаях очень ценных отдаленных гибридов.

Как известно, для каждого вида характерен свой кариотип, генотип и фенотип. И поэтому чем дальше стоят друг от друга скрещиваемые виды, тем сильнее выражена стерильность их гибридов.

**Задание 37.** Сравните между собой понятия: близкая гибридизация; удаленная гибридизация; отдаленная гибридизация.

**Задание 38.** Перечислите причины, препятствующие межвидовой гибридизации.

### **5.1. Причины бесплодия отдаленных гибридов**

1. Действие генов, препятствующих развитию гонад и эндокринных желез у животных.

2. Генетические факторы, препятствующие конъюгации хромосом в мейозе и образованию бивалентов, следствием чего является расхождение гамет с несбалансированным набором хромосом.

3. Нарушение мейоза в гаметогенезе, которое может быть вызвано рядом генетических причин:

а) различие в геномах ведет к нарушению равного распределения хромосом в анафазе;

б) при общем сходстве геномов и равенстве числа хромосом у скрещиваемых видов имеются различия в определенных аллелях, что препятствует нормальной конъюгации хромосом в профазе.

Нарушение мейоза может быть вызвано не только генетическими причинами, но и неблагоприятными факторами внешней и внутренней среды. У животных особое значение приобретают гормональные факторы и физиологические особенности.

**Задание 39.** Перечислите причины бесплодия отдаленных гибридов.

## 5.2. Способы преодоления бесплодия

1. Беккроссы – возвратные скрещивания (поглолительное скрещивание у животных).

2. Полиплоидия – у растений.

Среди отдаленных гибридов различают две группы:

1) конгруэнтные скрещивания – родительские формы имеют схожие наборы хромосом и образуются гибриды с хорошей плодовитостью;

2) инконгруэнтные скрещивания – родительские формы имеют генотипы с несоответствующими наборами хромосом или разное их число и строение. Тогда гибриды оказываются бесплодными или с пониженной плодовитостью.

При отдаленной гибридизации в случае выявления плодовитых гибридов создается мощный резерв комбинативной изменчивости для естественного и искусственного отбора, поскольку в генотипе гибрида сочетается более разнообразный набор генов, чем при внутривидовом скрещивании.

Отдаленная гибридизация открывает для селекции возможность сочетать в гибриде ряд ценных свойств диких сородичей, а в потомстве получать наиболее продуктивные формы.

Изучение наследования различных признаков при скрещивании разных видов и родов позволяет понять многие важные закономерности эволюции животных и растений того или иного вида.

Основная задача этого очень трудного метода скрещивания – вовлечение в материальную культуру человека новых ценных диких и полудиких форм животных.

Следует отметить, что дикая фауна неразумно, а порой и хищнически истребляется. Только за последние 50 лет уничтожено 50 видов животных (зебры, тарпаны, тур, кваги, страусы моа и т. д.).

Для предотвращения вымирания или истребления диких животных сейчас применяются специальные меры по охране природы. В 1948 году создан Международный союз охраны природы. На территории постсоветского пространства обитает более 350 видов зверей и 650 видов птиц. Созданы крупные заповедники и целые научные центры: Аскания Нова, Астраханский, Беловежская пуща, Кавказский, Исык-Кульский и др. Там проводится огромная работа по гибридизации животных и сохранению ценных видов дикой фауны.

**Задание 40.** Перечислите методы, используемые для повышения скрещиваемости разных видов и получения межвидовых гибридов, и способы преодоления бесплодия отдаленных гибридов.

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Классификация методов разведения.
2. Чистопородное разведение.
3. Разведение по линиям.
4. Значение выдающихся по продуктивным и воспроизводительным качествам особей и их роль в формировании линий.
5. Инбридинг.
6. Аутбридинг.
7. Способы вычисления коэффициента инбридинга.
8. Вычисление коэффициента инбридинга при работе с рыбами.
9. Проявление инбредной депрессии у рыб, опасность инбридинга в рыбоводстве.
10. Использование инбридинга как метода селекции.
11. Скрещивание.
12. Типы скрещивания, применяемые в селекции рыб.
13. Вводное скрещивание.
14. Воспроизводительное скрещивание.
15. Поглочительное скрещивание.
16. Простое промышленное скрещивание.
17. Сложное промышленное скрещивание.
18. Гетерозис.
19. Современные теории гетерозиса.
20. Проявление гетерозиса у рыб.
21. Методы оценки гетерозиса и селекция на гетерозис.
22. Промышленная гибридизация в рыбоводстве.
23. Методы получения промышленных гибридов (топкросс, простое промышленное скрещивание и др.).

## **7. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

### **1. Селекция – это наука...**

- 1) о создании новых пород;
- 2) изучении генотипа;
- 3) изучении питательности кормов;

- 4) болезнях рыб;
- 5) нет правильных ответов.

**2. Генетика – теоретическая основа...**

- 1) селекции;
- 2) механизации;
- 3) автоматизации;
- 4) инкубации;
- 5) нет правильных ответов.

**3. Изменчивость может быть...**

- 1) генотипической;
- 2) модификационной;
- 3) средней;
- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) нет правильных ответов.

**4. Комбинативная, коррелятивная, онтогенетическая и мутационная изменчивость относится...**

- 1) к случайной;
- 2) модификационной;
- 3) наследственной, генотипической;
- 4) высокой, низкой, средней;
- 5) нет правильных ответов.

**5. Изменчивость, обусловленная факторами окружающей среды...**

- 1) модификационная;
- 2) генотипическая;
- 3) высокая, низкая, средняя;
- 4) мутационная;
- 5) нет правильных ответов.

**6. Хромосомы, состоящие из двух хроматид, связанных между собой одной центромерой, называют...**

- 1) зрелыми;
- 2) незрелыми;
- 3) спелыми;
- 4) неспелыми;
- 5) сложными.

**7. Число, размер и форма хромосом – это...**

- 1) фенотип;
- 2) генотип;
- 3) кариотип;



- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) нет правильных ответов.

**8. Оплодотворенная яйцеклетка называется...**

- 1) сперматозоид;
- 2) зигота;
- 3) яйцеклетка;
- 4) сперматид;
- 5) гония.

**9. Зрелая мужская гамета – это...**

- 1) сперматозоид;
- 2) зигота;
- 3) яйцеклетка;
- 4) гония;
- 5) ооцит.

**10. Зрелая женская гамета – это...**

- 1) сперматозоид;
- 2) зигота;
- 3) яйцеклетка;
- 4) гония;
- 5) ооцит.

**11. Гонии – это...**

- 1) зрелые половые клетки;
- 2) незрелые половые клетки;
- 3) гаметы;
- 4) клетки мышечной ткани;
- 5) клетки нервной ткани.

**12. ППК (первичные половые клетки) закладываются...**

- 1) на 1-й стадии эмбриогенеза;
- 2) на 2-й стадии эмбриогенеза;
- 3) после проклеывания личинки;
- 4) в мальковой стадии;
- 5) в ювенальный период.

**13. Количество хромосом в клетках мышечной ткани карпа находится на уровне...**

- 1) 50;
- 2) 100;
- 3) 150;
- 4) 25;
- 5) *n*.

**14. Число хромосом в зрелой половой клетке находится на уровне...**

- 1)  $2n$ ;
- 2)  $3n$ ;
- 3)  $n$ ;
- 4)  $4n$ ;
- 5) 100.

**15. Число хромосом в зиготе находится на уровне...**

- 1)  $2n$ ;
- 2)  $3n$ ;
- 3)  $n$ ;
- 4)  $4n$ ;
- 5) 46.

**16. Из 400 сперматозоидов 1-го порядка сазана образуется сперматозоидов...**

- 1) 400;
- 2) 800;
- 3) 1200;
- 4) 1400;
- 5) 1600.

**17. Из 200 оогоний американского окуня образуется зрелых икринок, готовых к оплодотворению...**

- 1) 200;
- 2) 400;
- 3) 600;
- 4) 800;
- 5) 1000.

**18. Процесс созревания половых клеток (гамет) называется...**

- 1) гаметогенез;
- 2) онтогенез;
- 3) филогенез;
- 4) верны варианты ответов 2 и 3;
- 5) нет правильных ответов.

**19. Процесс индивидуального развития организма – это...**

- 1) гаметогенез;
- 2) онтогенез;
- 3) филогенез;
- 4) сперматогенез;
- 5) нет правильных ответов.

**20. Рыбы по типу хромосомной детерминации пола могут относиться...**

- 1) гонохористам;
- 2) гермафродитам;
- 3) верны варианты ответов 1 и 2;
- 4) монополистам;
- 5) нет правильных ответов.

**21. Гермафродиты – это...**

- 1) строго раздельнополые животные;
- 2) организм, способный продуцировать как женские, так и мужские половые клетки;
- 3) организм, не способный продуцировать половые клетки;
- 4) верны варианты ответов 1 и 3;
- 5) нет правильных ответов.

**22. Стерильный – это организм...**

- 1) с нормальной фертильностью;
- 2) организм, способный продуцировать как женские, так и мужские половые клетки;
- 3) организм, не способный продуцировать половые клетки;
- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) хорошо отмытый организм.

**23. Белки крови у рыб изучают по поводу связи их генетической обусловленности...**

- 1) уровнем продуктивности;
- 2) плодовитостью;
- 3) жизнестойкостью;
- 4) болезнью рыб;
- 5) все варианты ответов верны.

**24. Качественные признаки у рыб – это те, которые...**

- 1) невозможно измерить, так как нет приборов и нет единиц измерения;
- 2) являются незначительными признаками;
- 3) можно измерить при помощи измерительных приборов и у которых существуют единицы измерения;
- 4) верны варианты ответов 2 и 3;
- 5) нет правильных ответов.

**25. Количественные признаки у рыб – это те, которые...**

- 1) невозможно измерить, так как нет приборов и нет единиц измерения;

- 2) являются незначительными признаками;
- 3) можно измерить при помощи измерительных приборов и у которых существуют единицы измерения;

4) верны варианты ответов 1 и 2;

5) нет правильных ответов.

**26. Масса тела у рыб – это признак...**

1) количественный;

2) качественный;

3) альтернативный;

4) верны варианты ответов 1 и 2;

5) нет правильных ответов.

**27. Окраска тела рыб – это признак...**

1) количественный;

2) качественный;

3) альтернативный;

4) верны варианты ответов 1 и 2;

5) нет правильных ответов.

**28. Тип чешуйного покрова у рыб – это признак...**

1) количественный;

2) качественный;

3) альтернативный;

4) верны варианты ответов 1 и 2;

5) нет правильных ответов.

**29. Число икринок в 1 грамме – это признак...**

1) количественный;

2) качественный;

3) альтернативный;

4) верны варианты ответов 1 и 2;

5) нет правильных ответов.

**30. Длина туловища у рыб – это признак...**

1) количественный;

2) качественный;

3) альтернативный;

4) верны варианты ответов 1 и 2;

5) нет правильных ответов.

**31. Пол рыбы – это признак...**

1) количественный;

2) качественный;

3) альтернативный;

- 4) верны варианты ответов 2 и 3;
- 5) нет правильных ответов.

**32. Коэффициент упитанности у рыб – это признак...**

- 1) количественный;
- 2) качественный;
- 3) альтернативный;
- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) нет правильных ответов.

**33. Окраска плавников у рыб – это признак...**

- 1) количественный;
- 2) качественный;
- 3) альтернативный;
- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) нет правильных ответов.

**34. Окраска глаз у рыб – это признак...**

- 1) количественный;
- 2) качественный;
- 3) альтернативный;
- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) нет правильных ответов.

**35. Индексы телосложения у рыб – это признак...**

- 1) количественный;
- 2) качественный;
- 3) альтернативный;
- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) нет правильных ответов.

**36. Биологически открытая система – это...**

- 1) популяция;
- 2) род;
- 3) вид;
- 4) семейство;
- 5) нет правильных ответов.

**37. Онтогенез – это...**

- 1) индивидуальное развитие организма;
- 2) формирование генотипа в определенных условия окружающей среды;
- 3) размножение;
- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) нет правильных ответов.

**38. Формирование генотипа в определенных условиях окружающей среды – это...**

- 1) онтогенез;
- 2) генотип;
- 3) фенотип;
- 4) размножение;
- 5) нет правильных ответов.

**39. К основным этапам онтогенеза у рыб относятся...**

- 1) эмбриональный и постэмбриональный периоды;
- 2) доэмбриональный и мальковый периоды;
- 3) эмбриональный и личиночный периоды;
- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) нет правильных ответов.

**40. Процессы ассимиляции превосходят процессы диссимиляции ( $A > D$ )...**

- 1) в эмбриональный период;
- 2) в постэмбриональный период;
- 3) до момента полового созревания;
- 4) в мальковый период;
- 5) все варианты ответов верны.

**41. Эмбриональный период у рыб – это...**

- 1) развитие малька в утробе матери;
- 2) развитие эмбриона с момента оплодотворения икринки до начала перехода личинки на внешнее питание;
- 3) развитие эмбриона в икринке;
- 4) от оплодотворения до выклева;
- 5) верны варианты ответов 2, 3 и 4.

**42. Эмбриональный период у рыб...**

- 1) состоит из одного периода – внутриутробного развития;
- 2) подразделяется на два подпериода: подпериод икринки и подпериод свободного эмбриона;
- 3) подразделяется на три подпериода: подпериод икринки, подпериод предличинки и подпериод личинки;
- 4) подразделяется на четыре периода;
- 5) нет правильных ответов.

**43. В постэмбриональный период рыбы растут...**

- 1) равномерно в течение всей жизни;
- 2) интенсивнее до периода полового созревания;
- 3) интенсивнее после периода полового созревания;

4) в течение всей жизни, однако более интенсивно до периода полового созревания;

5) нет правильных ответов.

**44. Гены обладают плейотропным действием, т. е. ...**

1) оказывают влияние на проявление одного признака;

2) оказывают влияние на проявление нескольких признаков;

3) не оказывают влияние на проявление признака;

4) нейтральны;

5) нет правильных ответов.

**45. Успех селекционной работы в большей степени зависит...**

1) от наследственной, генотипической изменчивости;

2) ненаследственной, модификационной изменчивости;

3) случайных факторов;

4) вида рыб;

5) нет правильных ответов.

**46. В основу термина «селекция» положено понятие...**

1) сортировка;

2) отбор;

3) подбор;

4) составление;

5) нет правильных ответов.

**47. Выбраковкой называют...**

1) полное или частичное устранение какой-то группы особей от размножения;

2) сопоставление различных групп рыб;

3) отбор лучших групп рыб;

4) нет правильных ответов;

5) все варианты ответов верны.

**48. Отбор – это...**

1) сортировка рыб;

2) влияние комплекса факторов;

3) влияние изменчивости;

4) влияние наследственности;

5) все варианты ответов верны.

**49. Одно поколение селекции у карпа – это...**

1) 1 год;

2) 2 года;

3) 3 года;

4) 4 года;

5) 5 лет.

**50. Пять поколений селекции у карпа – это...**

- 1) 1 год;
- 2) 10 лет;
- 3) 15 лет;
- 4) 20 лет;
- 5) 25 лет.

**51. Выживание и сохранение организмов, которые смогли приспособиться к условиям окружающей среды благодаря своим индивидуальным способностям, называют...**

- 1) искусственным отбором;
- 2) естественным отбором;
- 3) технологическим отбором;
- 4) верны варианты ответов 1 и 3;
- 5) нет правильных ответов.

**52. Рост и развитие животных под контролем человека – это отбор...**

- 1) искусственный;
- 2) естественный;
- 3) технологический;
- 4) верны варианты ответов 2 и 3;
- 5) нет правильных ответов.

**53. Н. И. Вавилов утверждал, что...**

- 1) селекция – это стихийный процесс, протекающий под действием факторов окружающей среды;
- 2) селекция – это волшебство;
- 3) селекция – это эволюция, протекающая под управлением человека;
- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) нет правильных ответов.

**54. Для повышения продуктивности рыб селекционеры работают в следующих направлениях...**

- 1) ускорение темпов роста;
- 2) снижение кормового коэффициента;
- 3) повышение устойчивости рыб к неблагоприятным факторам окружающей среды;
- 4) повышение устойчивости рыб к заболеваниям;
- 5) все варианты ответов верны.

**55. При работе с одомашненными видами рыб, разводимых в измененных условиях обитания, селекция ведется...**

- 1) на приспособленность к новой среде обитания;



- 2) приспособленность к новым видам кормов;
- 3) приспособленность к новым способам размножения;
- 4) приспособленность к технологии культивирования;
- 5) все варианты ответов верны.

**56. При работе с неодомащенными пресноводными видами рыб селекция ведется...**

- 1) на сохранение сложной естественной популяционной структуры каждого вида;
- 2) сохранение высокой гетерозиготности каждой популяции рыб;
- 3) ускорение роста и повышение устойчивости икры;
- 4) повышение устойчивости личинок и молоди;
- 5) все варианты ответов верны.

**57. Огромная плодовитость, наружное оплодотворение, высокая племенная ценность производителей, сравнительно низкие затраты на выращивание производителей – это...**

- 1) свойства, позволяющие эффективно вести селекцию на рыбах;
- 2) свойства, затрудняющие селекционную работу на рыбах;
- 3) свойства, не мешающие вести селекцию на рыбах;
- 4) свойства, позволяющие лечить рыбу;
- 5) нет правильных ответов.

**58. Позднее половое созревание, зависимость большинства признаков от факторов окружающей среды, обитание рыб в воде, отсутствие индивидуального учета и сложности, связанные с сохранением в «чистоте» отселекционированного материала, – это...**

- 1) свойства, позволяющие эффективно вести селекцию на рыбах;
- 2) свойства, затрудняющие селекционную работу на рыбах;
- 3) свойства, не мешающие вести селекцию на рыбах;
- 4) свойства, позволяющие лечить рыбу;
- 5) нет правильных ответов.

**59. Под продуктивностью в рыбоводстве понимают...**

- 1) суммарный прирост массы рыб, получаемый за определенный период времени с единицы площади или объема (пруда, бассейна и т. д.);
- 2) темп взросления особи;
- 3) увеличение жировых отложений;
- 4) затраты корма на единицу прироста;
- 5) нет правильных ответов.

**60. Рост рыбы зависит...**

- 1) только от внутренних (эндогенных) факторов;

- 2) только от внешних (экзогенных) факторов;
- 3) от совокупности внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) факторов;
- 4) не зависит от каких-либо факторов;
- 5) нет правильных ответов.

**61. При селекции по скорости роста у рыб необходимо учитывать следующие факторы...**

- 1) наиболее интенсивный рост наблюдается до достижения половой зрелости;
- 2) сильная зависимость скорости роста от факторов окружающей среды;
- 3) сильное влияние фактора взаимодействия (угнетение крупными рыбами роста мелких рыб);
- 4) сильная зависимость скорости роста от типа кормления;
- 5) все варианты ответов верны.

**62. Под жизнеспособностью рыб понимают...**

- 1) устойчивость рыб к неблагоприятным факторам среды;
- 2) условия жизни рыб в конкретном водоеме;
- 3) способность рыб обманывать рыбаков;
- 4) борьбу за существование;
- 5) нет правильных ответов.

**63. Жизнеспособность рыб определяют...**

- 1) по количеству погибших особей;
- 2) способности рыб обманывать рыбаков;
- 3) выживаемости рыб, т. е. относительному количеству особей, выживших за определенный период;
- 4) затратам корма;
- 5) нет правильных ответов.

**64. Пищевая ценность рыб зависит...**

- 1) от соотношения съедобных и несъедобных частей;
- 2) вкусовых качеств мяса;
- 3) количества межмышечных (интермускулярных) косточек;
- 4) химического состава мяса;
- 5) все варианты ответов верны.

**65. К репродуктивным признакам в рыбоводстве относят...**

- 1) плодовитость;
- 2) скорость полового созревания;
- 3) сроки нереста;
- 4) сезон нереста;
- 5) все варианты ответов верны.

**66. Рыбы, размножающиеся на камнях, гравийных грунтах, – это...**

- 1) литофилы;
- 2) фитофилы;
- 3) псамофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) нет правильных ответов.

**67. Рыбы, размножающиеся среди растений, откладывая икру на вегетирующие или отмершие растения, – это...**

- 1) литофилы;
- 2) фитофилы;
- 3) псамофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) нет правильных ответов.

**68. Рыбы, откладывающие икру на песок, – это...**

- 1) литофилы;
- 2) фитофилы;
- 3) псамофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) нет правильных ответов.

**69. Рыбы, размножающиеся в реках и озерах, выметывая икру в толщу воды, – это...**

- 1) литофилы;
- 2) фитофилы;
- 3) псамофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) нет правильных ответов.

**70. Рыбам свойственны следующие группы...**

- 1) популяция;
- 2) отводки;
- 3) порода;
- 4) семейство;
- 5) все варианты ответов верны.

**71. При селекции на приспособленность к заводскому способу воспроизводства учитываются следующие показатели...**

- 1) синхронность созревания производителей;
- 2) положительный ответ на стимуляцию гонадотропными гормонами;
- 3) повышение устойчивости к влиянию различных стрессовых факторов;

- 4) повышение жизнеспособности икры и молоди;
- 5) все варианты ответов верны.

**72. Порода может иметь следующие составные части...**

- 1) внутривидовые типы, экологические типы, отводки и линии;
- 2) матери, отцы и дети;
- 3) дальние и близкие родственники;
- 4) бабушки, дедушки и внуки;
- 5) нет правильных ответов.

**73. У карпа не существует пород...**

- 1) изобеленская;
- 2) лахвинская;
- 3) заморская;
- 4) югославская;
- 5) немецкая.

**74. Отводками в рыбоводстве называют...**

- 1) различные породы рыб;
- 2) различные виды рыб;
- 3) генетически обособленные племенные группы рыб внутри породы;
- 4) различные возрастные группы рыб;
- 5) нет правильных ответов.

**75. Скрещивание животных, находящихся в родстве, называется...**

- 1) инбридинг;
- 2) аутбридинг;
- 3) кроссбридинг;
- 4) топкросс;
- 5) нет правильных ответов.

**76. Скрещивание животных неродственных групп называется...**

- 1) инбридинг;
- 2) аутбридинг;
- 3) кроссбридинг;
- 4) топкросс;
- 5) нет правильных ответов.

**77. При инбридинге...**

- 1) частота гомозигот снижается;
- 2) частота гомозиготных особей остается на прежнем уровне;
- 3) частота гомозигот возрастает;
- 4) увеличение гетерозигот;
- 5) нет правильных ответов.

**78. Тесным считается инбридинг, при котором коэффициент инбридинга находится на уровне ( $F$ )...**

- 1) от 25 % и выше;
- 2) от 12,5 до 25 %;
- 3) от 1,15 до 12,5 %;
- 4) ниже 1,5 %;
- 5) нет правильных ответов.

**79. Отдаленным считается родство при коэффициенте инбридинга ( $F$ )...**

- 1) от 25 % и выше;
- 2) от 12,5 до 25 %;
- 3) от 1,15 до 12,5 %;
- 4) ниже 1,5 %;
- 5) нет правильных ответов.

**80. Бессистемный инбридинг может привести...**

- 1) к инбредной депрессии;
- 2) мировому кризису;
- 3) гибели всего потомства;
- 4) повышению продуктивности;
- 5) нет правильных ответов.

**81. Бессистемный инбридинг в Республике Беларусь...**

- 1) допустим;
- 2) разрешен;
- 3) запрещен;
- 4) можно применять частично;
- 5) нет правильных ответов.

**82. Целенаправленный инбридинг допустим...**

- 1) при чистопородном разведении;
- 2) при закреплении ценных хозяйственно полезных признаков;
- 3) при создании новых пород;
- 4) все варианты ответов верны;
- 5) верны варианты ответов 1 и 2.

**83. Целенаправленный инбридинг в Республике Беларусь...**

- 1) допустим только в племенных хозяйствах;
- 2) разрешен при создании новых пород;
- 3) запрещен;
- 4) можно применять частично при чистопородном разведении;
- 5) верны варианты ответов 1, 2 и 4.

**84. Умеренным считается инбридинг, при котором коэффициент инбридинга находится на уровне ( $F$ )...**

- 1) от 25 % и выше;
- 2) от 12,5 до 25 %;
- 3) от 1,15 до 12,5 %;
- 4) ниже 1,5 %;
- 5) нет правильных ответов.

**85. Инбредная депрессия приводит...**

- 1) к снижению продуктивности;
- 2) снижению адаптивной способности;
- 3) снижению воспроизводительной способности;
- 4) увеличению в потомстве аномалий, уродств и летальных исходов;
- 5) все варианты ответов верны.

**86. Меры борьбы с инбредной депрессией...**

- 1) не допускать бессистемный инбридинг;
- 2) не допускать инбридинг в товарных хозяйствах;
- 3) применять неродственное скрещивание (аутбридинг);
- 4) при чистопородном разведении создавать отводки, группы, отдельные семейства;
- 5) все варианты ответов верны.

**87. Скрещивание рыб, принадлежащих к одной породной группе, называют...**

- 1) чистопородным разведением;
- 2) межпородным скрещиванием;
- 3) межвидовым скрещиванием;
- 4) гибридизацией;
- 5) все варианты ответов верны.

**88. Основной целью чистопородного разведения является...**

- 1) сохранение породы;
- 2) совершенствование продуктивных качеств породы;
- 3) совершенствование племенных качеств породы;
- 4) закрепление ценных признаков;
- 5) все варианты ответов верны.

**89. Коэффициент инбридинга за одно поколение в рыбоводстве вычисляется по формуле...**

$$1) F_x = \frac{1}{2N}; \quad 2) F_x = 1 - (1 - F_x)^t;$$

3)  $F_x = \frac{1}{200N}$  ;      4)  $ИГ = \frac{2F}{P_O + P_M}$  ;

5) нет правильных ответов.

**90. Коэффициент инбридинга за несколько поколений в рыбодоводстве вычисляется по формуле...**

1)  $F_x = \frac{1}{2N}$  ;      2)  $F_x = 1 - (1 - F_x)^t$  ;

3)  $F_x = \frac{1}{200N}$  ;      4)  $ИГ = \frac{2F}{P_O + P_M}$  ;

5) нет правильных ответов.

**91. Индекс гетерозиса вычисляется по формуле...**

1)  $F_x = \frac{1}{2N}$  ;      2)  $F_x = 1 - (1 - F_x)^t$  ;

3)  $F_x = \frac{1}{200N}$  ;      4)  $ИГ = \frac{2F}{P_O + P_M}$  ;

5) нет правильных ответов.

**92. Скрещивание рыб, принадлежащих к разным породам, называют...**

- 1) чистопородным разведением;
- 2) межпородным скрещиванием;
- 3) межвидовым скрещиванием;
- 4) гибридизацией;
- 5) все варианты ответов верны.

**93. К межпородному скрещиванию относится...**

- 1) поглотительное скрещивание;
- 2) вводное скрещивание;
- 3) воспроизводительное скрещивание;
- 4) умеренная гибридизация;
- 5) все варианты ответов верны.

**94. Методы разведения – это...**

- 1) научно обоснованная система подбора;
- 2) получение товарных животных;
- 3) получение племенных животных;
- 4) закрепление хозяйственно полезных признаков;
- 5) все варианты ответов верны.

**95. Биологическая сущность методов разведения – это...**

- 1) получение чистопородных животных;
- 2) получение животных с одинаковой наследственностью;
- 3) повышение изменчивости у помесных рыб;
- 4) увеличение уровня обмена веществ у рыб;
- 5) все варианты ответов верны.

**96. Генеалогическую принадлежность у ценных видов рыб определяют...**

- 1) по гематологическим показателям;
- 2) биохимическому полиморфизму белков;
- 3) конституциональным признакам;
- 4) типу телосложения;
- 5) верны варианты ответов 1 и 2.

**97. «Чистыми» в рыбоводстве принято называть...**

- 1) стерильных рыб;
- 2) отмытых рыб;
- 3) потомков, полученных от разведения рыб внутри одной породы;
- 4) потомков рыб при чистопородном разведении;
- 5) верны варианты ответов 3 и 4.

**98. Изобелинская порода карпа имеет отселекционированные...**

- 1) вторые отводки;
- 2) третьи отводки;
- 3) четвертые отводки;
- 4) пять отводков;
- 5) шесть отводков.

**99. Скрещивание, в котором используются животные двух или нескольких пород для получения новой породы с наиболее ценными качествами, – это...**

- 1) поглотительное скрещивание;
- 2) вводное скрещивание;
- 3) воспроизводительное скрещивание;
- 4) смешанное скрещивание;
- 5) все варианты ответов верны.

**100. Цель вводного скрещивания...**

- 1) создание новой породы;
- 2) улучшение породы;
- 3) сохранение породы;
- 4) чистопородное разведение;
- 5) нет правильных ответов.



**101. К межвидовому скрещиванию относится...**

- 1) племенное скрещивание;
- 2) воспроизводительное скрещивание;
- 3) отдаленная гибридизация;
- 4) промышленное скрещивание;
- 5) верны варианты ответов 1 и 4.

**102. Преобразовательное скрещивание – это скрещивание...**

- 1) поглотительное;
- 2) вводное;
- 3) воспроизводительное;
- 4) заводское;
- 5) все варианты ответов верны.

**103. К внутрипородному разведению относят...**

- 1) чистопородное разведение;
- 2) линейное разведение;
- 3) близкую гибридизацию;
- 4) умеренную гибридизацию;
- 5) верны варианты ответов 1, 2 и 3.

**104. При чистопородном разведении осуществляют...**

- 1) направленное выращивание молоди рыб;
- 2) оценку племенной ценности;
- 3) создание для рыб благоприятных условий;
- 4) методический отбор и подбор;
- 5) все варианты ответов верны.

**105. Линия – это...**

- 1) группа биологических объектов, происходящих от выдающегося предка-самца;
- 2) группа биологических объектов, происходящих от выдающейся производительницы-самки;
- 3) группа биологических объектов, занимающих определенную экологическую нишу;
- 4) группа биологических объектов, занимающих определенный ареал;
- 5) все варианты ответов верны.

**106. Семейство – это...**

- 1) группа биологических объектов, происходящих от выдающегося предка-самца;
- 2) группа биологических объектов, происходящих от выдающейся производительницы-самки;

3) группа биологических объектов, занимающих определенную экологическую нишу;

4) группа биологических объектов, занимающих определенный ареал;

5) все варианты ответов верны.

**107. Кросс линий – это...**

1) скрещивание разных видов рыб;

2) подбор животных, принадлежащих к разным линиям;

3) разведение рыб, находящихся в родстве;

4) скрещивание рыб, принадлежащих к разным породам;

5) все варианты ответов верны.

**108. Близкая гибридизация – это...**

1) внутривидовое разведение;

2) подбор узкоспециализированных отцовских и материнских линий;

3) дифференцировка рыб по определенным признакам;

4) комплексный гетерозисный эффект;

5) все варианты ответов верны.

**109. Генетическая сущность инбридинга включает в себя...**

1) изменение наследственности;

2) возрастание гомозиготности;

3) проявление инбредной депрессии;

4) новообразования в наследственности;

5) все варианты ответов верны.

**110. Степени инбридинга вычисляют способом, предложенным...**

1) А. Шапоружем;

2) С. Райтом;

3) В. Я. Катасоновым и Н. Б. Черфас;

4) Д. А. Кисловским;

5) все варианты ответов верны.

**111. Степень родства по А. Шапоружу вычисляется...**

1) в процентах;

2) степенях, обозначенных римскими цифрами;

3) килограммах;

4) баллах;

5) все варианты ответов верны.

**112. Степень инбридинга по Д. А. Кисловскому вычисляется...**

1) в процентах;

- 2) степенях, обозначенных римскими цифрами;
- 3) килограммах;
- 4) баллах;
- 5) все варианты ответов верны.

**113. Пять пар производителей – это...**

- 1) пять рыб разного пола;
- 2) десять рыб разного пола;
- 3) пятнадцать рыб разного пола;
- 4) двадцать рыб разного пола;
- 5) двадцать пять рыб разного пола.

**114. Десять пар производителей – это...**

- 1) пять рыб разного пола;
- 2) десять рыб разного пола;
- 3) пятнадцать рыб разного пола;
- 4) двадцать рыб разного пола;
- 5) двадцать пять рыб разного пола.

**115. Коэффициент инбридинга ( $F$ ) за одно поколение при использовании пяти пар производителей равен...**

- 1) 5 %;
- 2) 10 %;
- 3) 15 %;
- 4) 20 %;
- 5) 25 %.

**116. Инбредный минимум – это...**

- 1) инбредная депрессия;
- 2) близкая гибридизация;
- 3) состояние инбредных линий, при котором показатель уже не ухудшается;
- 4) скрещивание «чистых» линий между собой;
- 5) нет правильных ответов.

**117. Межпородный гибрид – это...**

- 1) гибридное животное;
- 2) чистопородное животное;
- 3) рыбы, полученные в результате скрещивание рыб разных пород;
- 4) верны варианты ответов 1 и 3;
- 5) нет правильных ответов.

**118. Разведение «в себе» – это скрещивание...**

- 1) рыб одной породы;
- 2) рыб разных пород;

- 3) рыб разных видов;
- 4) помесных животных;
- 5) нет правильных ответов.

**119. Доли генотипа – это...**

- 1) доля наследственности используемых при скрещивании пород;
- 2) группа крови;
- 3) системы групп крови;
- 4) все варианты ответов верны;
- 5) нет правильных ответов.

**120. Скрещивание сопровождается...**

- 1) увеличением гетерозисности;
- 2) лучшим развитием потомков;
- 3) увеличением конституционной крепости;
- 4) увеличением плодовитости;
- 5) все варианты ответов верны.

**121. Реципрокное скрещивание – это...**

- 1) скрещивание самок и самцов, принадлежащих одной породе;
- 2) скрещивание, при котором самок и самцов берут попеременно из двух пород;
- 3) скрещивание самок и самцов, принадлежащих к разным видам;
- 4) скрещивание рыб одного пола;
- 5) нет правильных ответов.

**122. Скрещивание приводит...**

- 1) к объединению наследственности генетически разных особей;
- 2) обогащению наследственности;
- 3) улучшению существующих пород;
- 4) выведению новых пород;
- 5) все варианты ответов верны.

**123. Промышленное скрещивание – это...**

- 1) скрещивание для получения товарных рыб;
- 2) простое скрещивание;
- 3) ротационное скрещивание;
- 4) сложное скрещивание;
- 5) все варианты ответов верны.

**124. У рыбы следующий генотип:  $1/4A + 1/4B + 1/4C$ . Определите процентную структуру генотипа:**

- 1) 25 % A + 25 % B + 50 % C;
- 2) 25 % A + 50 % B + 25 % C;
- 3) 50 % A + 25 % B + 25 % C;

- 4) нет правильных ответов;
- 5) все варианты ответов верны.

**125. При скрещивании самки карпа породы А и самца породы Б гибриды  $F_1$  будут иметь следующий генотип:**

- 1) 75 % А + 25 % В ( $3/4A + 1/4B$ );
- 2) 25 % А + 75 % В ( $1/4A + 3/4B$ );
- 3) 50 % А + 50 % В ( $1/2A + 1/2B$ );
- 4) 100 %;
- 5) нет правильных ответов.

**126. Проявление гибридной силы у потомства наблюдается...**

- 1) при инбридинге;
- 2) гетерозисе;
- 3) аутбридинге;
- 4) кроссинге;
- 5) нет правильных ответов.

**127. Основные проявления гетерозиса у рыб...**

- 1) повышение жизнеспособности и резистентности;
- 2) повышение конверсии корма и скорости роста;
- 3) повышение плодовитости и адаптивной способности;
- 4) повышение резистентности;
- 5) все варианты ответов верны.

**128. Не существует гетерозиса...**

- 1) истинного;
- 2) гипотетического;
- 3) превосходного;
- 4) конкурсного;
- 5) нет правильных ответов.

**129. При гетерозисе...**

- 1) частота гетерозигот возрастает;
- 2) частота гетерозигот остается на прежнем уровне;
- 3) частота гетерозигот снижается;
- 4) частота гомозигот увеличивается;
- 5) нет правильных ответов.

**130. Способы мечения рыб...**

- 1) подрезание плавников;
- 2) мечение красителями;
- 3) криоклеймение;
- 4) биркование;
- 5) все варианты ответов верны.

**131. Учение об отборе разработал...**

- 1) Н. Б. Черфас;
- 2) Д. А. Кисловский;
- 3) Н. И. Вавилов;
- 4) Ч. Дарвин;
- 5) В. Я. Катасонов.

**132. Количественную характеристику коэффициенту нарастания гомозиготности дал...**

- 1) Н. Б. Черфас;
- 2) Д. А. Кисловский;
- 3) Н. И. Вавилов;
- 4) Ч. Дарвин;
- 5) В. Я. Катасонов.

**133. Коэффициент инбридинга для использования в рыбоводстве предложил...**

- 1) Н. Б. Черфас;
- 2) Д. А. Кисловский;
- 3) Н. И. Вавилов;
- 4) В. Я. Катасонов;
- 5) верны варианты ответов 1 и 4.

**134. Отводки изобелинского карпа...**

- 1) столин XVIII;
- 2) смесь чешуйчатая;
- 3) триприм (З');
- 4) смесь зеркальная;
- 5) все варианты ответов верны.

**135. Качественные признаки – это...**

- 1) чешуйный покров;
- 2) масса рыбы;
- 3) длина рыбы;
- 4) коэффициент упитанности;
- 5) верны варианты ответов 2, 3 и 4.

**136. Количественные признаки – это...**

- 1) чешуйный покров;
- 2) масса рыбы;
- 3) длина рыбы;
- 4) коэффициент упитанности;
- 5) верны варианты ответов 2, 3 и 4.

**137. Генетика, селекция и разведение – раздел...**

- 1) химии;
- 2) физики;
- 3) математики;
- 4) биологии;
- 5) нет правильных ответов.

**138. Доместикация – это фактор...**

- 1) кормления;
- 2) племенного дела;
- 3) одомашнивания;
- 4) разведения;
- 5) нет правильных ответов.

**139. Для селекции на жизнестойкость рыбы проводят...**

- 1) отбор самок слабых рыб;
- 2) создают провокационное поле;
- 3) специально заражают рыбу;
- 4) усиленно кормят рыбу;
- 5) верны варианты ответов 2 и 3.

**140. Крайнее значение изучаемого признака...**

- 1)  $\sigma$ ;
- 2)  $C_v$ ;
- 3)  $\bar{X}$ ;
- 4)  $r_{xy}$ ;
- 5)  $\lim$ .

**141. Для оценки генетической структуры популяции изучают...**

- 1) коэффициент наследуемости ( $h^2$ );
- 2) коэффициент повторяемости ( $r_w$ );
- 3) коэффициент генетической корреляции ( $r_g$ );
- 4) генетическую изменчивость ( $C_v$ );
- 5) все варианты ответов верны.

**142. Отбор рыб по фенотипу представляет собой...**

- 1) качественный отбор;
- 2) индивидуальный отбор;
- 3) массовый отбор;
- 4) нет правильных ответов;
- 5) все варианты ответов верны.

**143. Отбор животных по генотипу, т. е. по племенной ценности, – это...**

- 1) качественный отбор;

- 2) индивидуальный отбор;
- 3) массовый отбор;
- 4) нет правильных ответов;
- 5) все варианты ответов верны.

**144. Массовый отбор проводят...**

- 1) по собственной продуктивности;
- 2) показателям развития;
- 3) типу телосложения;
- 4) конституции;
- 5) все варианты ответов верны.

**145. При скрещивании украинской самки с помесным самцом, у которого 1/2 генотипа польского карпа и 1/2 генотипа югославского карпа, получили гибридов...**

- 1) 1/2У 1/2Ю 1/2П;
- 2) 1/2У 1/4Ю 1/4П;
- 3) 1/4У 1/4Ю 1/4П;
- 4) 1/4У 1/4Ю 1/4П;
- 5) верны варианты ответов 2 и 3.

**146. Укажите, какую часть наследственности получает потомок от материнского организма...**

- 1) 1;
- 2) 100 %;
- 3) 1/2;
- 4) 50 %;
- 5) верны варианты ответов 3 и 4.

**147. При поглотительном скрещивании происходит...**

- 1) полное поглощение наследственности одной породы другой;
- 2) неполное поглощение наследственности одной породы другой;
- 3) поглощение не происходит вообще;
- 4) поглощение наследственности одной породы другой на 20 %;
- 5) нет правильных ответов.

**148. Для эффективного поглотительного скрещивания необходимо...**

- 1) правильный выбор улучшающей породы;
- 2) завоз высокоценных племенных производителей;
- 3) точный племенной учет;
- 4) планомерный отбор;
- 5) все варианты ответов верны.



**149. Создание новой породы с использованием двух или нескольких пород называется...**

- 1) поглотительное скрещивание;
- 2) воспроизводительное скрещивание;
- 3) заводское скрещивание;
- 4) вводное скрещивание;
- 5) верны варианты ответов 2 и 3.

**150. Целью воспроизводительного скрещивания является...**

- 1) получение товарной рыбы;
- 2) выведение новой породы;
- 3) закрепление новых ценных комбинаций признаков;
- 4) получение икры;
- 5) верны варианты ответов 2 и 3.

**151. Воспроизводительное скрещивание может быть...**

- 1) комбинированным;
- 2) мутационным;
- 3) сложным;
- 4) простым;
- 5) верны варианты ответов 3 и 4.

**152. Воспроизводительное скрещивание состоит...**

- 1) из двух этапов;
- 2) трех этапов;
- 3) четырех этапов;
- 4) пяти этапов;
- 5) нет правильных ответов.

**153. Однократное скрещивание местной породы или беспородной группы с породой-улучшателем называют...**

- 1) поглотительным;
- 2) воспроизводительным;
- 3) вводным;
- 4) промышленным;
- 5) ротационным.

**154. Полученное от скрещивания потомство называют...**

- 1) приплодом;
- 2) помесями;
- 3) детьми;
- 4) родителями;
- 5) нет правильных ответов.

**155. Пользовательное скрещивание может быть...**

- 1) тяжелым;
- 2) сложным;
- 3) простым;
- 4) легким;
- 5) верны варианты ответов 2 и 3.

**156. Простое пользовательное скрещивание может быть...**

- 1) шлейным;
- 2) двухпородным;
- 3) трехпородным;
- 4) четырехпородным;
- 5) все варианты ответов верны.

**157. Метод разведения, при котором попеременно чистопородные самки исходных пород, а затем и их помеси скрещиваются с производителями исходных пород, называют скрещиванием...**

- 1) сложным;
- 2) ротационным;
- 3) промышленным;
- 4) нет правильных ответов;
- 5) все варианты ответов верны.

**158. Основная цель межпородного промышленного скрещивания – это...**

- 1) выведение новой породы;
- 2) закрепление ценных качеств;
- 3) получение помесного потомства;
- 4) получение гетерозисного потомства;
- 5) верны варианты ответов 3 и 4.

**159. Явление, обладающее проявлением гибридной силы, – это...**

- 1) инбридинг;
- 2) отбор;
- 3) подбор;
- 4) гетерозис;
- 5) нет правильных ответов.

**160. При гетерозисе у потомков проявляется...**

- 1) гибридная сила;
- 2) улучшение жизнеспособности;
- 3) увеличение продуктивности в первом поколении;
- 4) улучшение воспроизводительной способности;
- 5) все варианты ответов верны.

**161. Гетерозис впервые обнаружил...**

- 1) И. И. Шмальгаузен;
- 2) И. Кельрейтер;
- 3) Ч. Дарвин;
- 4) Д. А. Кисловский;
- 5) нет правильных ответов.

**162. Сбалансированное взаимодействие генов в геноме – это...**

- 1) фенотип;
- 2) генотип;
- 3) гетерозиготность;
- 4) геном;
- 5) нет правильных ответов.

**163. Основной гаплоидный набор хромосом определенного вида – это...**

- 1) фенотип;
- 2) генотип;
- 3) гетерозиготность;
- 4) геном;
- 5) нет правильных ответов.

**164. Основные показатели гетерозиса...**

- 1) повышение эмбриональной жизнеспособности;
- 2) повышение постэмбриональной жизнеспособности;
- 3) снижение затрат корма;
- 4) повышение скороспелости и продуктивности;
- 5) все варианты ответов верны.

**165. Гетерозис может быть...**

- 1) соматический;
- 2) репродуктивный;
- 3) адаптивный;
- 4) истинный;
- 5) все варианты ответов верны.

**166. При соматическом гетерозисе...**

- 1) повышается масса рыбы;
- 2) повышается воспроизводительная способность;
- 3) улучшается приспособленность;
- 4) увеличивается прирост рыбы;
- 5) верны варианты ответов 1 и 4.

**167. При репродуктивном гетерозисе...**

- 1) повышается масса рыбы;

- 2) повышается воспроизводительная способность;
- 3) улучшается приспособленность;
- 4) увеличивается прирост рыбы;
- 5) верны варианты ответов 1 и 4.

**168. При адаптивном гетерозисе...**

- 1) повышается масса рыбы;
- 2) повышается воспроизводительная способность;
- 3) улучшается приспособленность;
- 4) увеличивается прирост рыбы;
- 5) верны варианты ответов 1 и 4.

**169. Истинный гетерозис вычисляют по формуле...**

- 1)  $\Gamma = \frac{F_1 - P_{\text{Л}}}{P_{\text{Л}}} \cdot 100\%$ ;
- 2)  $\Gamma = \frac{F_1 - P_{\text{С}}}{P_{\text{С}}} \cdot 100\%$ ;
- 3)  $\Gamma = \frac{F_1 - St}{St} \cdot 100\%$ ;
- 4)  $\text{ИГ} = \frac{2F}{P_{\text{О}} + P_{\text{М}}}$ ;
- 5) нет правильных ответов.

**170. Гипотетический гетерозис вычисляют по формуле...**

- 1)  $\Gamma = \frac{F_1 - P_{\text{Л}}}{P_{\text{Л}}} \cdot 100\%$ ;
- 2)  $\Gamma = \frac{F_1 - P_{\text{С}}}{P_{\text{С}}} \cdot 100\%$ ;
- 3)  $\Gamma = \frac{F_1 - St}{St} \cdot 100\%$ ;
- 4)  $\text{ИГ} = \frac{2F}{P_{\text{О}} + P_{\text{М}}}$ ;
- 5) нет правильных ответов.

**171. Конкурентный гетерозис вычисляют по формуле...**

- 1)  $\Gamma = \frac{F_1 - P_{\text{Л}}}{P_{\text{Л}}} \cdot 100\%$ ;
- 2)  $\Gamma = \frac{F_1 - P_{\text{С}}}{P_{\text{С}}} \cdot 100\%$ ;
- 3)  $\Gamma = \frac{F_1 - St}{St} \cdot 100\%$ ;
- 4)  $\text{ИГ} = \frac{2F}{P_{\text{О}} + P_{\text{М}}}$ ;
- 5) нет правильных ответов.

**172. Индекс гетерозиса вычисляют по формуле...**

- 1)  $\Gamma = \frac{F_1 - P_{\text{Л}}}{P_{\text{Л}}} \cdot 100\%$ ;
- 2)  $\Gamma = \frac{F_1 - P_{\text{С}}}{P_{\text{С}}} \cdot 100\%$ ;
- 3)  $\Gamma = \frac{F_1 - St}{St} \cdot 100\%$ ;
- 4)  $\text{ИГ} = \frac{2F}{P_{\text{О}} + P_{\text{М}}}$ ;
- 5) нет правильных ответов.

**173. Превосходство гибридов первого поколения ( $F_1$ ) по комплексу признаков – это...**

- 1) зугетерозис;
- 2) истинный гетерозис;
- 3) настоящий гетерозис;
- 4) избыточный гетерозис (гигантизм);
- 5) верны варианты ответов 1, 2 и 3.

**174. Усиленное развитие некоторых органов или функций, не обладающих адаптивной способностью, – это...**

- 1) зугетерозис;
- 2) истинный гетерозис;
- 3) настоящий гетерозис;
- 4) избыточный гетерозис (гигантизм);
- 5) верны варианты ответов 1, 2 и 3.

**175. Разница между средними показателями селекционного признака отобранных для воспроизводства животных и исходной популяцией – это...**

- 1) эффект селекции;
- 2) интенсивность отбора;
- 3) селекционный дифференциал;
- 4) среднее квадратическое отклонение;
- 5) напряженность отбора.

**176. Скорость роста у рыб связана...**

- 1) с продуктивностью;
- 2) массонакоплением;
- 3) длиной тела;
- 4) коэффициентом упитанности;
- 5) все варианты ответов верны.

**177. К особенностям роста рыб относятся следующие...**

- 1) рыбы растут в течение всей жизни;
- 2) скорость роста зависит от факторов окружающей среды;
- 3) скорость роста зависит от качества и количества пищи;
- 4) рост у рыбы может остановиться в самом продукционном возрасте;
- 5) все варианты ответов верны.

**178. Устойчивость рыбы к неблагоприятным факторам среды – это...**

- 1) пищевая ценность рыб;
- 2) жизнеспособность;
- 3) скорость роста;

- 4) резистентность организма;
- 5) эффективность использования корма.

**179. Селекция рыб на эффективность использования корма сопряжена с трудностями...**

- 1) прижизненного индивидуального учета съеденного корма;
- 2) потери корма в результате его вымывания и смешивания с почвой ложа водоема;
- 3) присутствия в прудах трудно учитываемой естественной пищи;
- 4) верны варианты ответов 1 и 2;
- 5) все варианты ответов верны.

**180. Культурным карпам, отселекционированным по типу роста, свойственны...**

- 1) высокоспинность;
- 2) округлая форма;
- 3) более высокие показатели коэффициента упитанности;
- 4) низкие показатели индекса  $I/H$ ;
- 5) все варианты ответов верны.

**181. Чрезмерная высокоспинность может вызвать...**

- 1) анатомический дефект;
- 2) искривление позвоночника;
- 3) снижение жизнеспособности;
- 4) снижение темпа роста;
- 5) все варианты ответов верны.

**182. Породы карпа...**

- 1) Айшгрудская;
- 2) Ропшинская;
- 3) Парская;
- 4) Среднерусская;
- 5) все варианты ответов верны.

**183. Породы карпа...**

- 1) Казахстанская;
- 2) Изобелинская;
- 3) Сарбоянская;
- 4) Краснодарская;
- 5) все варианты ответов верны.

**184. Породы карпа...**

- 1) Украинская;
- 2) Краснодарская;
- 3) Югославская;
- 4) Немецкая;

5) все варианты ответов верны.

**185. Голые карпы обладают...**

- 1) большей потребительской ценностью;
- 2) пониженной продуктивностью;
- 3) очень высокой интенсивностью жирового обмена;
- 4) минимальным числом ветвистых лучей в спинном плавнике;
- 5) все варианты ответов верны.

**186. Голые карпы обладают...**

- 1) медленной иммунологической реактивностью;
- 2) минимальной устойчивостью к нагреву воды;
- 3) очень низкой способностью к регенерации плавников;
- 4) более высоким индексом высокоспинности;
- 5) все варианты ответов верны.

**187. К признакам телосложения относятся...**

- 1) окраска тела;
- 2) чешуйный покров;
- 3) промеры телосложения;
- 4) индексы телосложения;
- 5) все варианты ответов верны.

**188. Повышенное содержание гемоглобина в крови рыб приводит...**

- 1) к большей устойчивости к кислородному голоданию (гипоксии);
- 2) повышенной жизнеспособности;
- 3) повышенной скорости роста;
- 4) повышенному содержанию сухого вещества в мышцах;
- 5) все варианты ответов верны.

**189. Гипоксия – это...**

- 1) устойчивость к заболеваниям;
- 2) кислородное голодание;
- 3) нехватка корма;
- 4) пониженное содержание гемоглобина;
- 5) все варианты ответов верны.

**190. Комплекс мероприятий, направленных на улучшение качества объектов разведения за счет изменения их генетических свойств, – это...**

- 1) генетика;
- 2) селекция;
- 3) физиология;
- 4) морфология;
- 5) разведение.

**191. Методы селекции...**

- 1) отбор;
- 2) подбор;
- 3) система скрещивания;
- 4) прогноз результатов;
- 5) все варианты ответов верны.

**192. Д. П. Поликсенов стоял у истоков формирования...**

- 1) украинского карпа;
- 2) белорусского карпа;
- 3) югославского карпа;
- 4) немецкого карпа;
- 5) польского карпа.

**193. К специальным генетическим методам селекции относятся...**

- 1) индуцированный мутагенез;
- 2) индуцированный диплоидный гиногенез;
- 3) регуляция пола;
- 4) получение стерильных рыб;
- 5) все варианты ответов верны.

**194. Основная цель гиногенеза – это...**

- 1) увеличение генетической изменчивости за счет новых мутаций;
- 2) получение высокоинбредных (высокогомозиготных) семейств и линий;
- 3) получение физиологически полноценных самок;
- 4) выращивание однополых потомков;
- 5) верны варианты ответов 3 и 4.

**195. К межвидовым гибридам относятся...**

- 1) серебряный карась × золотой карась;
- 2) стерлядь × белуга;
- 3) карп × сазан;
- 4) карась × карп;
- 5) верны варианты ответов 2 и 4.

**196. Достаточно многочисленная группа сельскохозяйственных животных одного вида, общего происхождения, сложившаяся под влиянием направленной деятельности человека в конкретных условиях и характеризующаяся определенными физиологическими и морфологическими свойствами, которые стойко передаются по наследству, называется...**

- 1) отводки;
- 2) линии;
- 3) порода;



- 4) семейство;
- 5) нет правильных ответов.

**197. Порода рыб расчленена на субпопуляции...**

- 1) внутривидовые типы;
- 2) экологические типы;
- 3) внутривидовые племенные группы;
- 4) линии и семейства;
- 5) все варианты ответов верны.

**198. Комплекс организационных и биотехнических мероприятий, направленных на обеспечение рыбоводных хозяйств необходимым количеством производителей и рациональное использование маточных стад, – это...**

- 1) разведение;
- 2) селекция;
- 3) племенное дело;
- 4) генетика;
- 5) нет правильных ответов.

## 8. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Критерии оценки при тестировании студентов, обучающихся по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство на заочной форме получения высшего образования, представлены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7. Критерии оценки

| Отметка | Количество правильных ответов |            |
|---------|-------------------------------|------------|
|         | шт.                           | %          |
| 10      | 60                            | 100        |
| 9       | 58–59                         | 96–99      |
| 8       | 56–57                         | 93–95      |
| 7       | 54–55                         | 89–92      |
| 6       | 50–53                         | 83–88      |
| 5       | 42–49                         | 69–82      |
| 4       | 36–41                         | 59–68      |
| 3       | 27–35                         | 45–58      |
| 2       | 12–26                         | 19–43      |
| 1       | 11 и менее                    | 18 и менее |

Положительным считается результат при получении отметки 4 балла и выше.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 3  |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....                                    | 4  |
| 1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ РАЗВЕДЕНИЯ.....                                | 5  |
| 2. ВНУТРИПОРОДНОЕ РАЗВЕДЕНИЕ.....                                       | 6  |
| 2.1. Чистопородное разведение.....                                      | 6  |
| 2.2. Линейное разведение.....   | 8  |
| 2.3. Близкая гибридизация.....  | 11 |
| 2.4. Классификация инбридинга.....                                      | 12 |
| 2.5. Генетическая сущность инбридинга.....                              | 13 |
| 2.6. Способы вычисления коэффициента нарастания гомозиготности.....     | 14 |
| 3. МЕЖПОРОДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ.....   | 20 |
| 3.1. Биологические особенности межпородного скрещивания.....            | 23 |
| 3.2. Условия, влияющие на эффективность межпородного скрещивания.....   | 25 |
| 3.3. Характеристика поглотительного скрещивания.....                    | 26 |
| 3.4. Вводное скрещивание.....   | 30 |
| 3.5. Воспроизводительное скрещивание.....                               | 31 |
| 3.6. Характеристика пользовательного скрещивания.....                   | 36 |
| 4. СИСТЕМЫ РАЗВЕДЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ<br>ГЕТЕРОЗИСА..... | 38 |
| 4.1. Генетическая сущность гетерозиса.....                              | 39 |
| 4.2. Основные показатели гетерозиса.....                                | 41 |
| 5. МЕЖВИДОВАЯ ОТДАЛЕННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ.....                              | 43 |
| 5.1. Причины бесплодия отдаленных гибридов.....                         | 45 |
| 5.2. Способы преодоления бесплодия.....                                 | 46 |
| 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....   | 47 |
| 7. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ.....  | 47 |
| 8. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ.....                                | 81 |

Учебное издание

**Давыдович** Елена Вячеславовна

СЕЛЕКЦИЯ РЫБ

МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ

Методические указания к лабораторным занятиям

Редактор *Н. А. Матасёва*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Корректор *Н. П. Лаходанова*

Подписано в печать 28.03.2019. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 3,67.

Тираж 75 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.