

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Килякова

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СФЕРЕ АКВАКУЛЬТУРЫ

Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура

Оренбург
2022

УДК 639.3:001.8(075.8)

ББК 47.285в676я73

А 81

Рецензент – доктор биологических наук, профессор А.М. Русанов

Аринжанов, А.Е.

А 81 Основы научных исследований в сфере аквакультуры [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Килякова; Оренбургский гос. ун-т. – Электрон. текстовые дан. (1 файл, 4,37 Мб) - Оренбург: ОГУ, 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): зв.; цв.; 12 см. – Систем. требования: Intel Core или аналогичн.; Microsoft Windows 7, 8, 10; 512 Мб; монитор, поддерживающий режим 1024×768; мышь или аналогич. устройство. – Загл. с этикетки диска.

ISBN 978-5-7410-2804-9

В учебном пособии описана история развития научных исследований в сфере аквакультуры, представлен вклад научно-исследовательских институтов в развитие аквакультуры, изложены методы и особенности проведения исследований, значительное внимание уделяется основным принципам постановки экспериментов и биометрической обработке экспериментальных данных.

Учебное издание предназначено для обучающихся по направлению подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура.

УДК 639.3:001.8(075.8)

ББК 47.285в676я73

© Аринжанов А.Е.,
Мирошникова Е.П.,
Килякова Ю.В., 2022

© ОГУ, 2022

ISBN 978-5-7410-2804-9

Содержание

Введение.....	4
1 Научное обеспечение развития аквакультуры в Российской Федерации	5
2 Краткая история развития научных исследований в сфере аквакультуры ..	25
2.1 Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	35
2.2 Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ)	39
2.3 Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ)	46
3 Основные методы научных исследований	51
3.1 Методология экспериментального исследования	58
4 Биометрическая обработка экспериментальных данных.....	67
4.1 Способы группировки первичных данных.....	70
4.2 Построение вариационного ряда.....	71
4.3 Первичная статистическая обработка полученных данных.....	74
5 Ошибки измерений и репрезентативности.....	92
Список использованных источников	97

Введение

Учебное пособие «Основы научных исследований в сфере аквакультуры» предназначено для изучения дисциплины «Основы научных исследований в сфере аквакультуры», а также будет полезно при планировании и проведении научно-исследовательских работ для обучающихся по направлению подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура. Учебное пособие способствует ознакомлению студентов с основными методами научных исследований, правилами постановки экспериментальных исследований и биометрической обработке экспериментальных данных.

Учебное пособие может быть использовано при прохождении практики – научно-исследовательской работы, и для выполнения научных исследований в рамках выпускных квалификационных работ.

Учебное пособие написано в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Основы научных исследований в сфере аквакультуры» и требованиям ФГОС 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура (уровень бакалаврита).

1 Научное обеспечение развития аквакультуры в Российской Федерации

В России термин «*agriculture*» переводится как «сельское хозяйство», которое включает в себя как агри-, так и аквакультуру, при этом последняя теряется в общем объеме производства продуктов питания и рассматривается как нечто второстепенное. Как следствие, это соотношение двух направлений получения водных биоресурсов (ВБР), через промышленное рыболовство и аквакультуру, которое отстает от общемирового более чем в 20 раз [1].

Аквакультура – это один из наиболее быстрорастущих секторов мировой экономики, ежегодный рост составляет в среднем около 6 %.

Наука является одной из фундаментальных основ развития аквакультуры. Основной вклад аквакультуры является производство рыбной продукции, которая предусматривает взаимодействие экономической, природоохранной и социальной сфер (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема устойчивого развития аквакультуры

Ожидается, что благодаря развитию аквакультуры общий объем производства рыбной продукции будет ежегодно возрастать (рисунок 2).

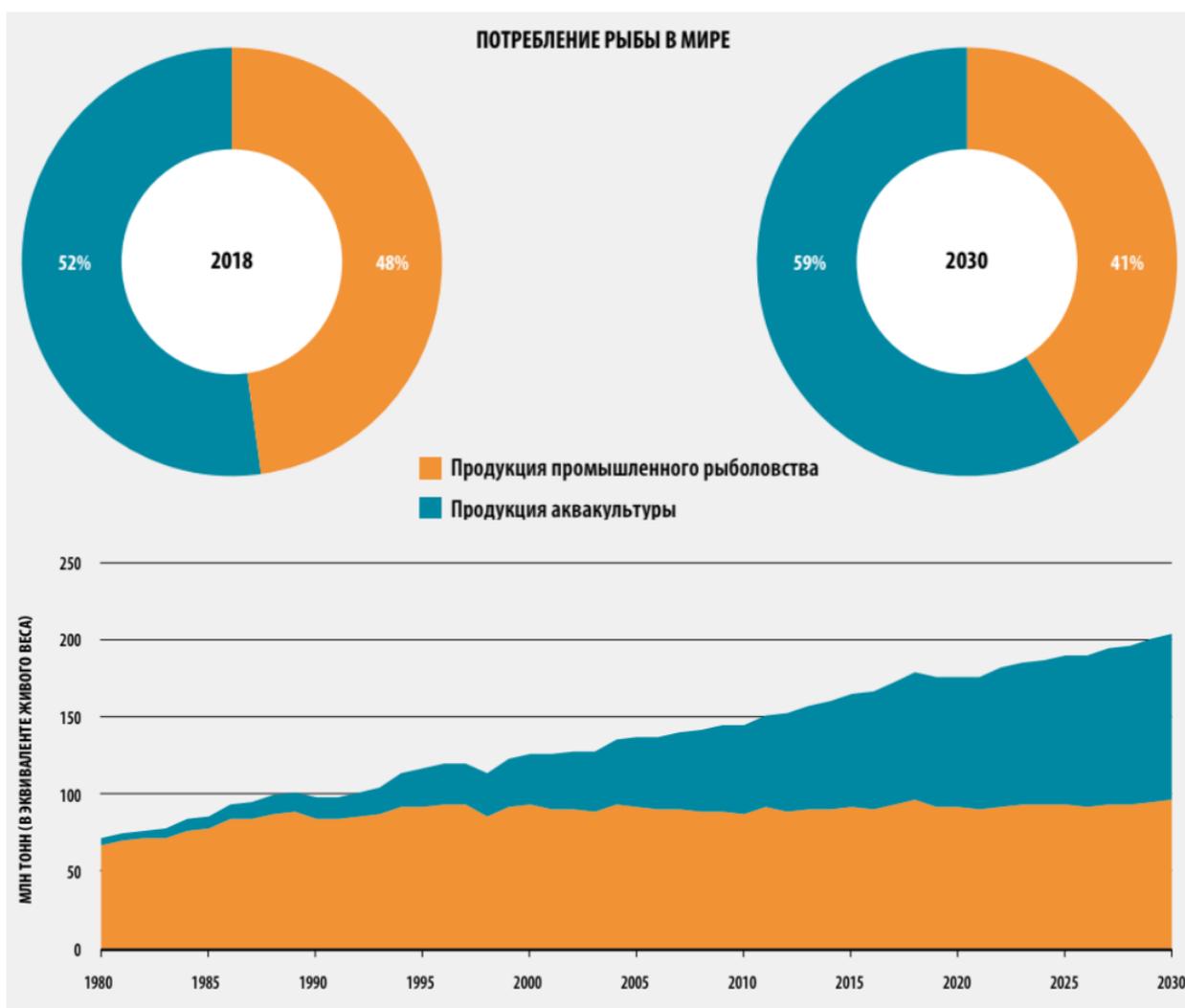


Рисунок 2 – Прогноз мирового объема рыбной продукции [28]

В настоящее время в России активно ведется активная научная работа по обеспечению конкурентоспособности рыбной продукции в целях импортозамещения (рисунок 3) за счет форсированного развития традиционных научных исследований и в первую очередь совершенствование технологий выращивания (рисунок 4).

К ряду актуальных разработок относится диверсификация – расширение спектра культивируемых объектов аквакультуры, а также видов ее продукции (рисунок 5).

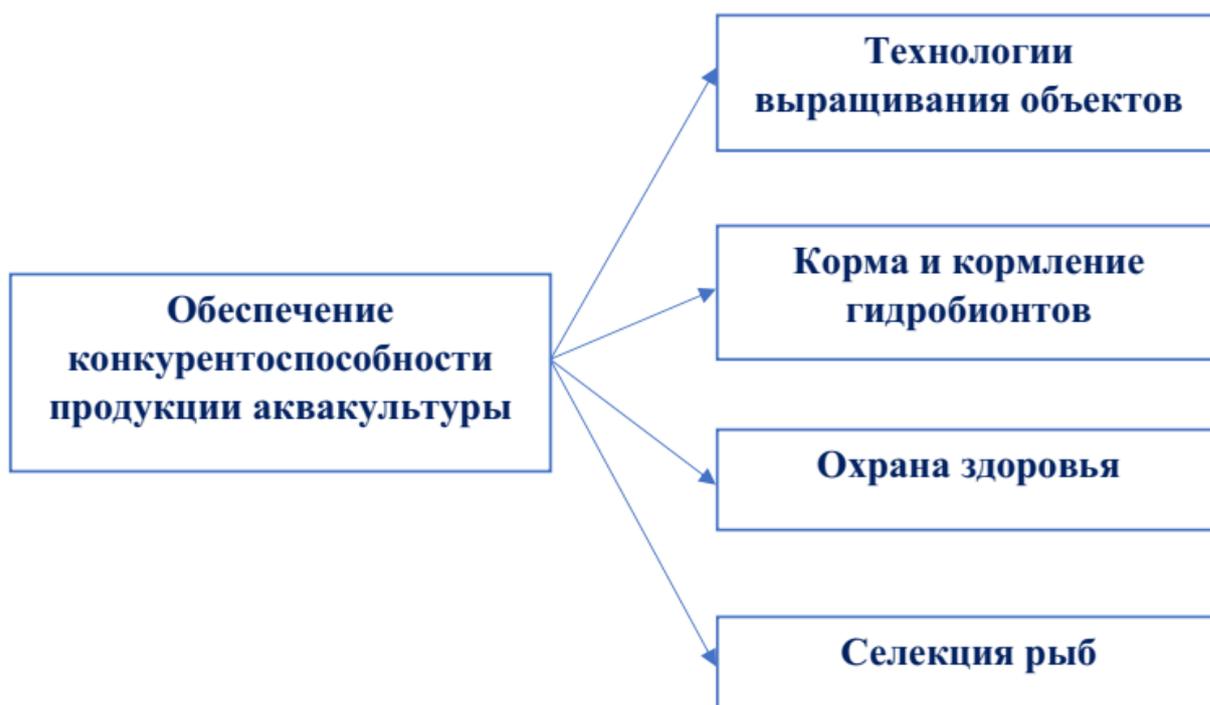


Рисунок 3 – Традиционные научные исследования в сфере аквакультуры



Рисунок 4 – Направление исследований для совершенствования технологий выращивания рыб

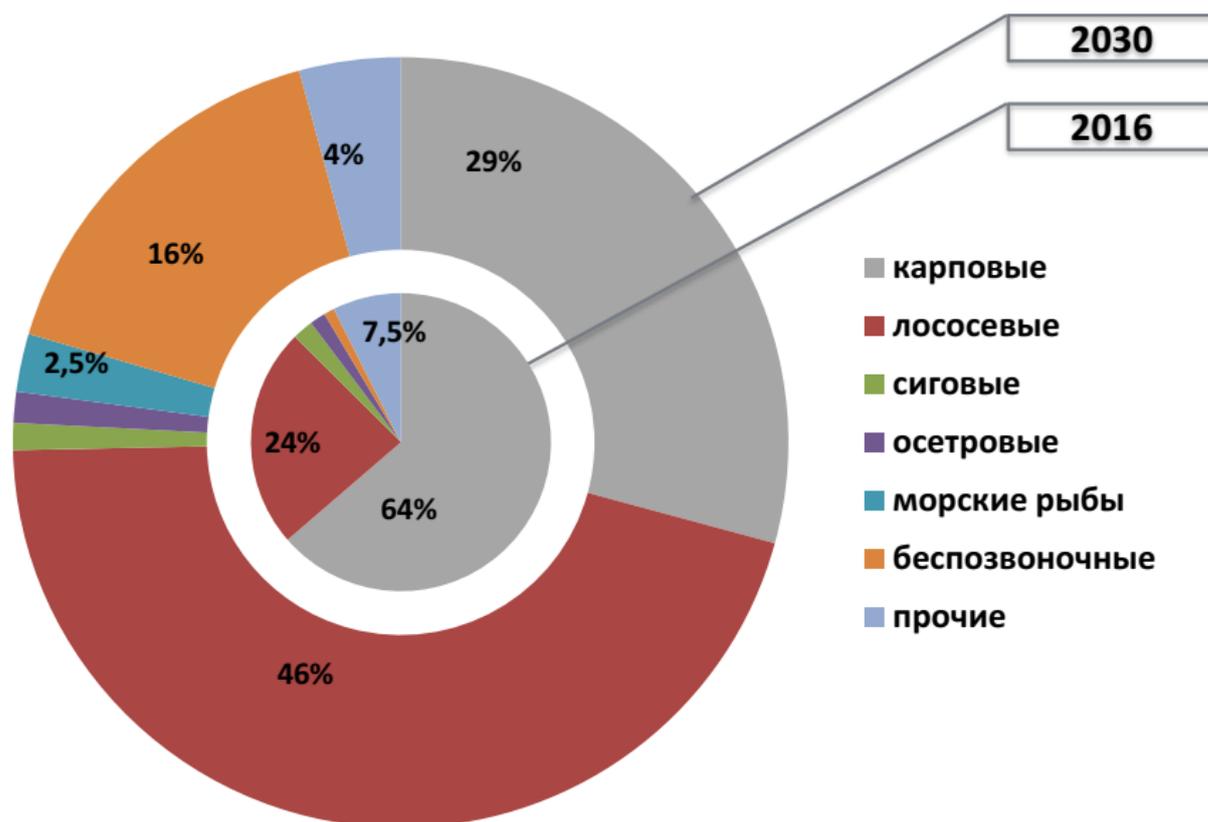


Рисунок 5 – Вектор развития диверсификации до 2030 года

Важнейшие задачи – отработка биотехнологии полноциклического выращивания наиболее сложных видов и введение в аквакультуру новых перспективных пород рыб. Решение этих вопросов даст новые стимулы развитию аквакультуры.

Из новых видов, представляющих интерес для потребителя, можно отметить: сиговые (нельма, белорыбица) и проходные карповые (кутум, шемая), а также тилапии.

Самые распространенные объекты пресноводной аквакультуры, либо освоены рыбоводами России (каarp, карась, толстолобики, белый и черный амур), либо не представляют особого интереса, поскольку являются тропическими или субтропическими рыбами (рисунок 6).

Мировой рынок перенасыщен продукцией пресноводной аквакультуры Китая (КНР) и стран Юго-Восточной Азии (особенно, вьетнамским пангасиусом).

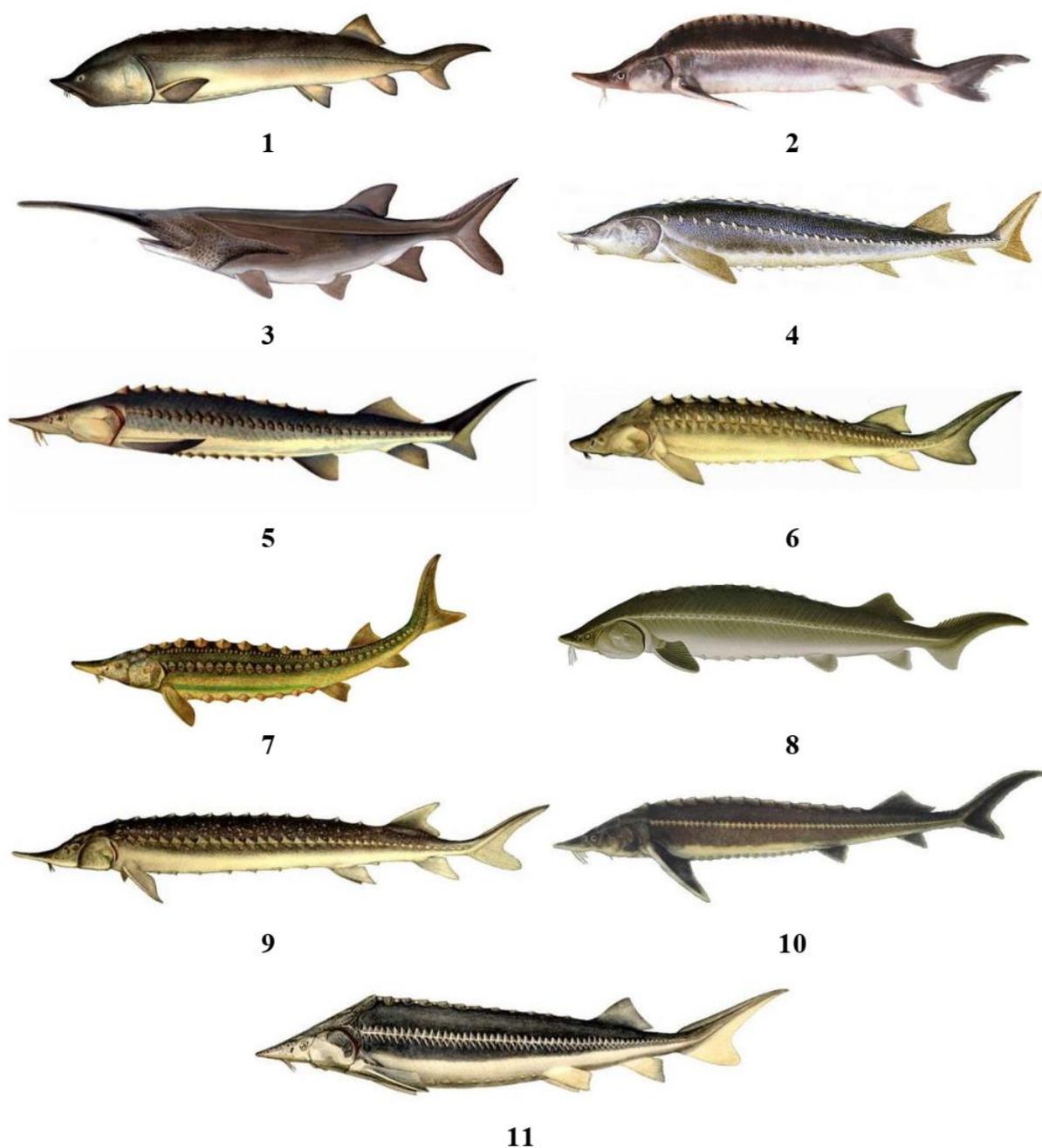


Рисунок 6 – Традиционные объекты мировой аквакультуры

В этой связи следует обратить внимание на осетровых рыб (рисунок 7), занимающих в настоящее время весьма отдаленное место в общем мировом рейтинге (0,1 млн. т в год), но имеющих большие перспективы.

КНР – лидер мирового товарного осетроводства. Несмотря на то, что аквакультура осетровых рыб зарождалась в России 150 лет назад (в 1869 г. Ф.В. Овсянников впервые в мире произвел искусственное оплодотворение икры волжской стерляди), в последние два десятилетия появился новый мировой лидер в области осетроводства – КНР, где выращивают больше осетровых рыб, чем во всех остальных странах мира – около 90 тыс. т в год в живой массе (около 85 %) [26].

Особенностью производства черной икры в КНР является то, что оно жестко регулируется государством через лицензирование (из-за очень высокой рентабельности производства) [4].



1 – белуга, 2 – бестер; 3 – веслонос, 4 – калуга, 5 – осетр амурский, 6 – осетр русский, 7 – осетр сахалинский, 8 – осетр сибирский, 9 – севрюга, 10 – стерлядь, 11 – шип

Рисунок 7 – Виды осетровых рыб, выращиваемые в Российской Федерации

В отличие от КНР, Италии, Франции, Ирана, Россия становится неконкурентоспособной на рынке черной икры и должна уже не передавать свой опыт (как было во времена СССР), а учиться у других стран, обратив

внимание на видовой состав осетровых рыб, который используется в мировой аквакультуре. Современная мировая фауна осетровых рыб насчитывает 27 видов. Отряд осетрообразных традиционно делится на два семейства – веслоносы и осетровые. Осетровые, в свою очередь, включают подсемейства – лопатоносов и осетров.

Одной из главных направлений аквакультуры становится получение новых пищевых продуктов функционального назначения и, как следствие, поиск и научная разработка технологий культивирования объектов с заданными свойствами (рисунок 7) [4].



Рисунок 7 – Технологии диверсификации производственных процессов

В XXI в. большой научный интерес представляют морские водоросли (рисунок 8). Учеными установлена высокая антиоксидантная активность, связанная с содержанием в них полифенольных соединений и пигментов (например, фукоксантина), которые превращают морские водоросли в интересный источник биологически активных веществ, используемых в питании человека и животных.



1 – филлофора ребристая, 2 – грацилярия, 3 – ламинария бонгарда, 4 – ламинария сахаристая, 5 – ламинария японская (комбу), 6 – порфира (нори), 7 – ульва, 8 – ундария перистая (вакамэ), 9 – фукус пузырчатый, 10 – фукус двухрядный, 11 – алярия

Рисунок 8 – Культивируемые виды морских водорослей в Российской Федерации

Морские водоросли содержат большое количество витаминов (А, К и В₁₂), защитных пигментов, минеральных веществ (железо, кальций, йод, магний), полиненасыщенных жирных кислот, в основном ω -3 и ω -6. Многие исследования продемонстрировали нутрицевтическую, фармацевтическую и космецевтическую ценность морских водорослей.

Установлено, что морские водоросли содержат мощные антиоксидантные соединения, такие как флоротаннины, каротиноиды и стерины, что делает морские водоросли источником соединений с возможными нейропротекторными эффектами, полезными при лечении нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Паркинсона и Альцгеймера. Также, сульфатированные полисахариды предотвращают адгезию инфекции, вызванной бактериями *Helicobacter pylori*.

Большой научный интерес в качестве объектов аквакультуры представляют ракообразные объекты, которые представлены порядком 46 видов десятиногих ракообразных (рисунок 9) [11]:

- креветки (рисунок 10);
- раки (рисунок 11);
- крабы (рисунок 12).

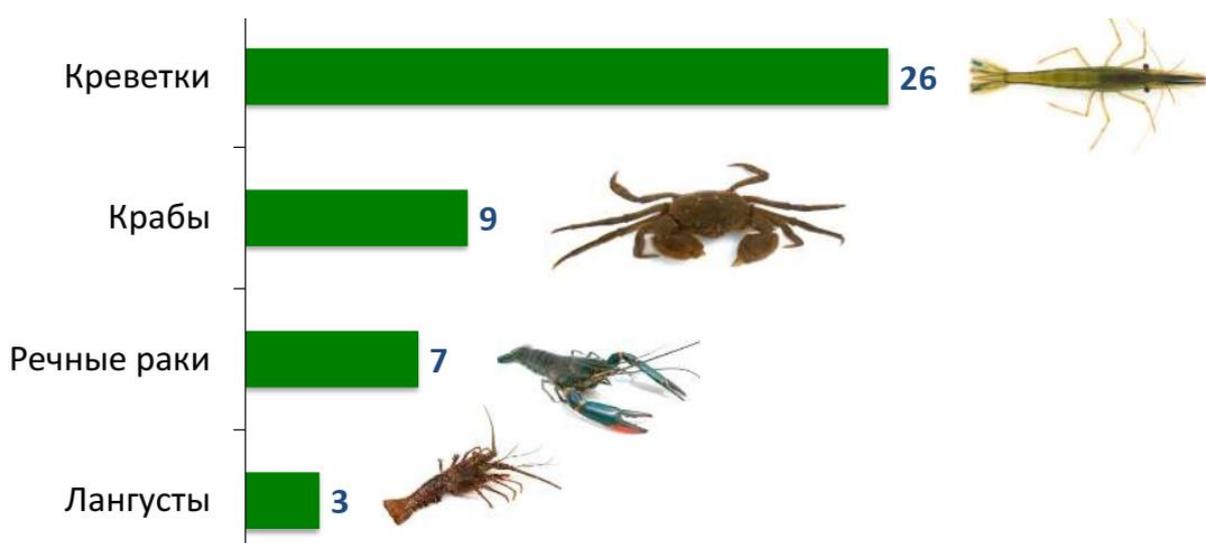
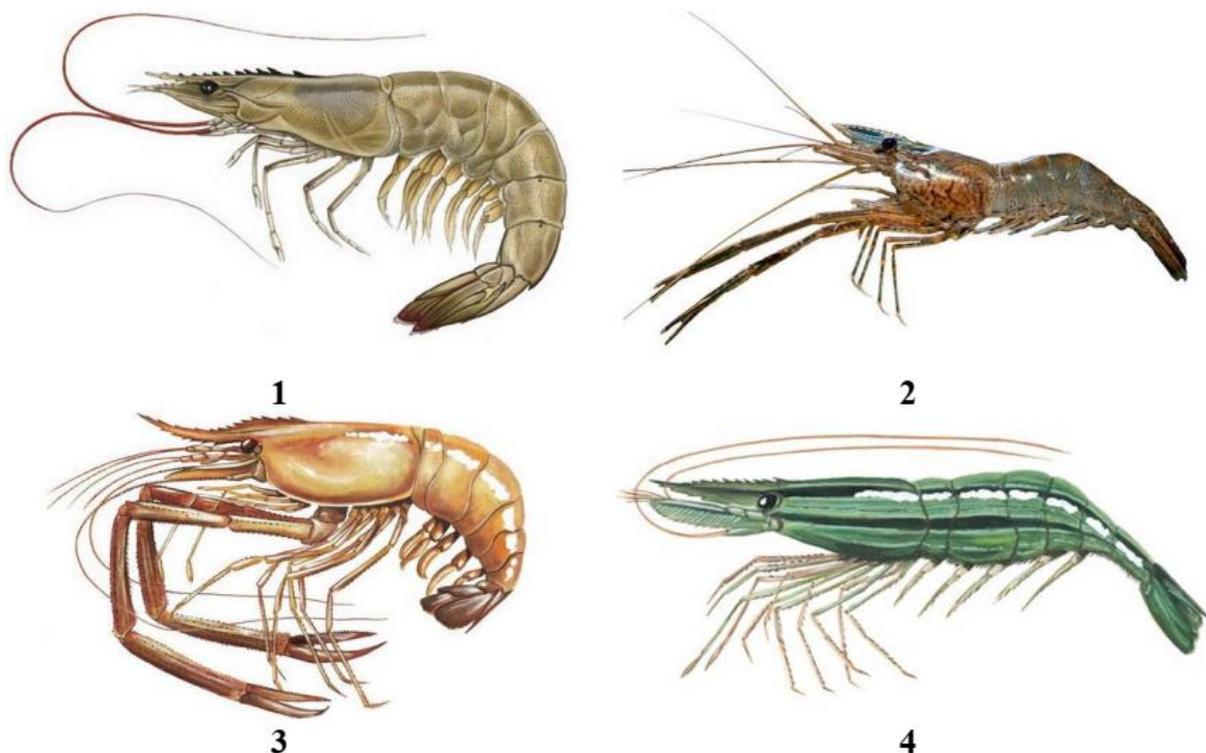


Рисунок 9 – Количество ракообразных видов объектов аквакультуры

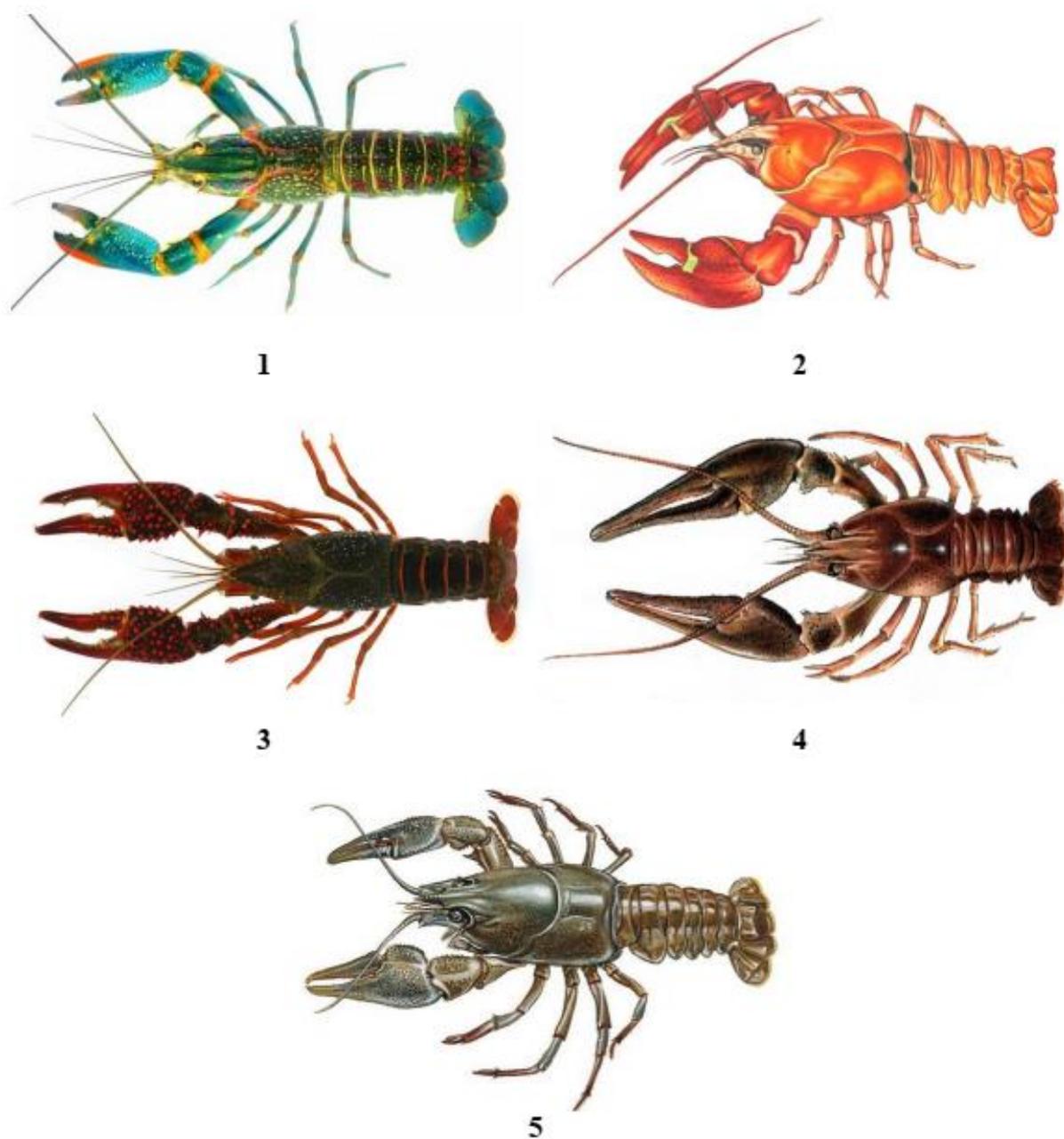


1 – креветка белоногая, 2 – креветка пресноводная восточная,
3 – креветка пресноводная гигантская, 4 – креветка чилим травяной

Рисунок 10 – Культивируемые виды креветок в Российской Федерации

Особенно актуальны работы по исследованию особенностей развития и культивированию ракообразных на ранних стадиях онтогенеза, отработка технологий полноциклового товарного выращивания в установках замкнутого водообеспечения (рисунок 13) [3], а также расширение спектра объектов искусственного воспроизводства.

Исследовательские работы показали возможность получения жизнестойкой молоди креветок в искусственных условиях. Прибрежный образ жизни и приуроченность к участкам дна с зарослями zostеры могут являться хорошими предпосылками для создания технологий культивирования вида в пастбищной или садковой аквакультуре.



1 – рак австралийский красноклешневый, 2 – рак американский сигнальный, 3 – рак болотный красный, 4 – рак речной узкопалый, 5 – рак речной широкопалый

Рисунок 11 – Культивируемые виды раков в Российской Федерации



1 – краб камчатский, 2 – краб колючий; 3 – краб мохнаторукий японский, 4 – краб синий, 5 – краб-стригун Бэрда, 6 – краб-стригун красный, 7 – краб-стригун Опилио

Рисунок 12 – Культивируемые виды крабов в Российской Федерации

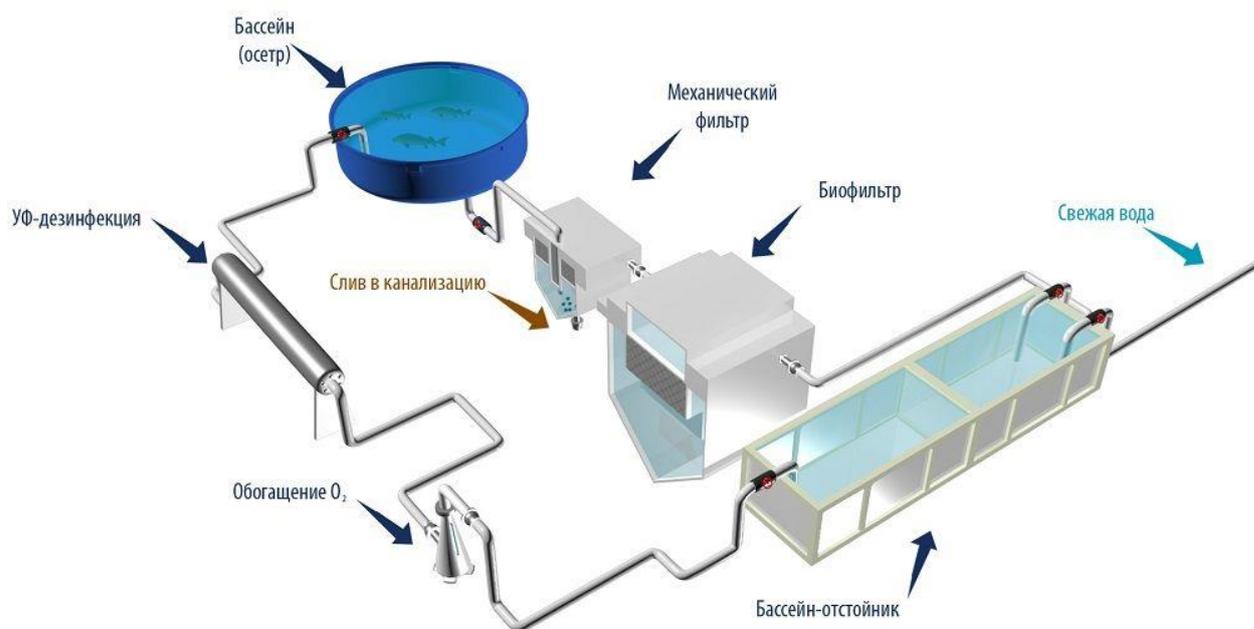


Рисунок 13 – Схема установки замкнутого водообеспечения

Огромное внимание ученых всего мира привлекают исследования иглокожих (рисунок 14) и моллюсков (рисунок 15). Важнейшим и перспективным направлением является разработка комплексных инноваций с получением новых пищевых продуктов функционального назначения, лечебно-профилактических средств, а также кормов. В России центром изучения иглокожих и моллюсков по праву считается Дальний Восток.

На протяжении всего периода развития аквакультуры перед учеными всегда стоял вопрос охраны здоровья объектов на фоне постоянного влияния различных факторов (рисунок 16), особенно при интенсификации выращивания (рисунок 17), так как в условиях повышения плотности культивируемых объектов в промышленных условиях снижается иммунитет гидробионтов [4].

Контроль таких параметров, как температура воды и кислородный режим, обеспечивает стабильные и оптимальные условия для рыб, что, в свою очередь, приводит к меньшему стрессу и лучшему росту.



1



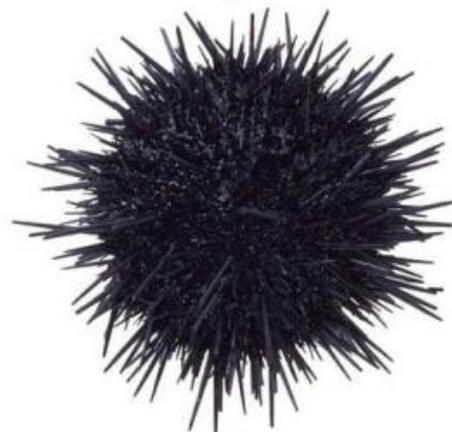
2



3



4



5



6

1 – морской еж зеленый, 2 – морской еж многоиглый, 3 – морской еж палевый, 4 – морской еж серый, 5 – морской еж черный, 6 – трепанг дальневосточный

Рисунок 14 – Промысловые виды иглокожих



1 – анадара (скафарка) Броутона, 2 – гребешок исландский, 3 – гребешок приморский, 4 – гребешок Свифта, 5 – корбикула японская, 6 – мерцнария Стимпсона, 7 – мидия тихоокеанская, 8 – панопея японская (гуидак)

Рисунок 15 – Промысловые виды моллюсков

Известно, что болезни снижают эффективность работы рыбохозяйственных предприятий, вызывая не только прямую гибель разводимых объектов, но и негативно влияют на прирост их массы, упитанность, товарное качество продукции. Вылавливаемая рыба из естественных водоемов может являться носителем эпидемиологически значимых возбудителей, личинок зоогельминтов [14].



Рисунок 16 – Параметры, влияющие на рост и здоровье рыбы

Болезни рыб наносят существенный ущерб рыбоводным хозяйствам. Интенсификация рыбоводства, многолетняя эксплуатация водного объекта, а также постоянные перевозки рыбы увеличивают степень риска возникновения заболеваний.

Актуальна разработка рекомендаций по использованию препаратов нового поколения в кормлении рыб – биологически активных веществ, иммуностимуляторов, повышающих иммунный статус рыб и относящихся к экологически чистым.

Пример такой разработки – широкое использование пробиотического препарата Субалин. Востребованность этого препарата в рыбоводстве достаточно высокая, и на рынке биологических активных препаратов он

встречается под разными торговыми названиями: СУБ-ПРО, Субтилин, Субтилис, Рыбин, Субтилис МК. В качестве пробиотиков предлагаются и такие препараты, как БиоПлюс2Б, Олин, Зоонорм, Ветом 1.1, Бифидум – СХЖ, Проваген и другие, что указывает на практическую значимость и востребованность данного направления исследований. Следует обратить внимание на группу препаратов с иммуномодулирующими свойствами и биологически активные добавки направленного действия, некоторые из них были апробированы в аквакультуре России и за рубежом.



Рисунок 17 – Направления исследований в области охраны здоровья рыб

На сегодняшний день первоочередные задачи ихтиопатологии:

- подготовка нормативно-технологической документации по борьбе с болезнями рыб;
- разработка и внедрение в практику современных методов диагностики инфекционных болезней рыб;

- создание экологически чистых способов профилактики и терапии болезней рыб;
- разработка новых лечебно-профилактических средств и препаратов нового поколения;
- мониторинговые исследования состояния здоровья водных биологических ресурсов в аквакультуре.

Прогресс в развитии аквакультуры неразрывно связан с селекционно-генетическим улучшением объектов [30], созданием спектра пород и гибридов, приспособленных к разным условиям обитания и интенсивной эксплуатации (рисунок 18).



Рисунок 18 – Основные направления селекционно-генетических исследований

В настоящее время, принимая во внимание основополагающую роль рыбохозяйственного комплекса в решении продовольственной проблемы, государство создает приоритетные условия для его стабильного развития.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 утверждена Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы (ФНТП).

Основным приоритетам программы являются:

- формирование условий для развития научной, научно-технической деятельности;
- получение результатов, необходимых для создания технологий, продукции, товаров и оказания услуг, обеспечивающих независимость и конкурентоспособность отечественного агропромышленного комплекса.

Для реализации предусмотренных ФНТП направлений планируется разработка подпрограммы «Развитие аквакультуры», целью которой должно стать обеспечение стабильного роста объемов производства и реализации высококачественной продукции аквакультуры на основе применения новых высокотехнологичных российских разработок и комплексных научно-технических проектов.

Кроме того, утверждена «Стратегия развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2030 года». В рамках, которой к приоритетам выделено развитие отраслевой науки и поддержка научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в том числе посредством поддержки разработки и внедрения научных достижений в области рыболовства (рисунок 19) [27]. Неотъемлемой частью, которой является строительство научно-исследовательского флота, отвечающей современным требованиям развития исследований водных биологических ресурсов и среды их обитания [13].



Рисунок 19 – Приоритетные рыбохозяйственные исследования в области рыболовства

2 Краткая история развития научных исследований в сфере аквакультуры

7 сентября 1829 г. родился Врасский Владимир Павлович – ученый-опытник, положивший начало промышленному рыбоводству в России. В 1855-1856 гг. создал первый рыбоводный завод в России – Никольский рыбоводный завод. Врасский В.П. провел первые опыты по гибридизации лососевых рыб. За его работы присуждены золотые медали Общества сельского хозяйства России и Парижского общества акклиматизации [3].

История развития научных исследований в первую очередь связана началом проведения научных промысловых экспедиций, так 15 января 1851 г. образована Особая Императорская комиссия для научного исследования рыболовства на Балтике и Чудском озере, а 11 мая того же года также начаты рыбохозяйственные исследования государственной рыбохозяйственной комиссией на Балтийском море и Псковском озере.

17 сентября 1853 г. – начало рыбохозяйственных исследований (экспедиций) государственной рыбохозяйственной комиссии на Каспии и в реках, впадающих в него.

6 апреля 1862 г. родился Книпович Николай Михайлович – видный ученый, основоположник морских научно-промысловых исследований, академик, почетный член Академии наук СССР. Книпович Н.М. – организатор и руководитель Мурманской (1898-1901 гг.), нескольких Каспийских (1886, 1904, 1912-1913, 1914-1915, 1931-1932 гг.), Балтийской (1902 г.), Азовско-Черноморской (1922-1927 гг.) научно-промысловых экспедиций [17].

13 января 1870 г. родился Бражников Владимир Константинович – выдающийся ученый и знаток рыбного дела. Основные работы были связаны с рыбным хозяйством Дальнего Востока.

В 1881 г. была основана Соловецкая биологическая станция (рисунок 20), которая явилась родоначальником Всероссийского НИИ рыбного хозяйства и океанографии и основоположником современной рыбохозяйственной науки.



Рисунок 20 – Соловецкая биологическая станция

1 апреля 1886 г. родился Федор Ильич Баранов – основоположник науки о промышленном рыболовстве и создатель «формальной» теории жизни рыб.

2 октября 1898 г. родился Мартышев Феодосий Георгиевич – заслуженный деятель науки РСФСР, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Первый директор Всероссийского научно-исследовательского института пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ). Создатель школы ученых-рыбоводов.

12 декабря 1905 г. родился советский океанограф и гидробиолог, полярный исследователь, Герой Советского Союза – Ширшов Петр

Петрович. С 1946 г. директор созданного им Института океанологии АН СССР.

14 августа 1908 г. родился Кирпичников Валентин Сергеевич – доктор биологических наук, профессор, действительный член РАН. Выдающийся биолог, генетик, эволюционист.

В 1914 г. при Департаменте земледелия организована лаборатория специалистов рыбного дела. В 1930 г. лаборатория получает название Ленинградский научно-исследовательский ихтиологический институт (в настоящее время Государственный НИИ озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга).

В 1920 г. была организована Северная научно-промысловая экспедиция.

В 1921 г. вышел Декрет Совета Народных Комиссаров (СНК) о создании Плавучего морского научного института (ПЛАВМОРНИИ) для исследования северных морей. В этом же году состоялась первая комплексная научная экспедиция Плавморнина на ледокольном пароходе «Малыгин» [29].

В 1922 г. в г. Архангельске под руководством известного океанолога, Ивана Илларионовича Месяцева, было достроено первое советское научно-исследовательское судно «Персей» (рисунок 21). «Персей» — двухмачтовый моторно-парусный бот общим водоизмещением 550 т, длина - 41,5 м, ширина в средней части - 8 м. Несмотря на небольшие размеры судна, на нем размещались 5 лабораторий, библиотека и помещения для 24 человек команды и для 16 человек научного состава [24].

18 сентября 1925 г. создан Тихоокеанский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ТИНРО).

9 мая 1930 г. Приказом Народного комиссариата торговли и промышленности (Наркомторг) СССР создан Астраханский институт рыбного хозяйства и рыбной промышленности.



Рисунок 21 – Научно-исследовательское судно «Персей»

В 1931 г. образовано Ленинградское проектно-конструкторское бюро деревянного рыбопромыслового судостроения «Рыбосудострой». Бюро реорганизовано в 1953 г. в Государственный проектный институт рыбопромыслового флота – Гипрорыбфлот.

В 1932 г. в Мурманске создан Мурманский морской рыбопромышленный техникум, а в 1933 г. Народным комиссариатом снабжения (Наркомат) СССР подписан приказ о создании в Мурманске Северной сельдяной экспедиции во главе с профессором С.В. Аверинцевым. Консультантом экспедиции назначен Н.М. Книпович.

В 1932 г. организован Институт прудового рыбного хозяйства (в настоящее время Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства), в состав которого в качестве отделений вошли Украинский институт прудового рыбного хозяйства и рыбохозяйственные станции: Белорусская, Центрально-Черноземная и Московская.

17 октября 1933 г. образован Всесоюзный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (в настоящее время Всероссийское НИИ рыбного хозяйства и океанографии - ВНИРО).

В 1934 г. по решению Наркомата снабжения СССР после проведения сельдяной экспедиции профессора С.В. Аверинцева создан Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО). В 1935 г. институту присвоено имя Н.М. Книповича.

7 апреля 1934 г. – день основания органов рыбоохраны, был подписан приказ об образовании Главного управления регулирования рыболовства, рыбоводства и рыбохозяйственной мелиорации (Главрыбвод).

11 января 1946 г. Постановлением СНК СССР № 51 создан во Владивостоке Дальневосточный технический институт рыбной промышленности и хозяйства (Дальрыбвтуз).

В 1948 г. начато освоение калининградскими рыбаками Атлантики, а именно осуществлен первый выход на промысел в Северную Атлантику первой сельдяной экспедиции из Калининграда.

В 1949 г. создан Балтийский филиал ВНИРО, в 1956 г. филиал реорганизован в институт БалтНИРО, с 1962 г. преобразован в институт АтлантНИРО.

14 декабря 1958 г. в первый научный рейс в Баренцево море вышла специальная научно-исследовательская подводная лодка «Северянка».

В 1958 г. вышел первый номер научно-практического журнала «Рыбоводство и рыболовство» (рисунок 22).

В 1959 г. Р.И. Мухиной, В.М. Королевой и Т.А. Деевой проведены первые опыты по улучшению состава кормов с учетом содержания в них аминокислот и витамина А. В.М. Ильиным, А.К. Щербиной, Ф.Ф. Третьяковым разработан комплекс рыбоводно-ветеринарных и гидротехнических мероприятий для организации зимовки карпа в зимовалах канавного типа, являющихся прообразом зимовальных комплексов.



Рисунок 22 – Первый номер научно-практического журнала «Рыбоводство и рыболовство»

12 сентября 1964 г. подписана Конвенция о Международном совете по исследованию моря (ИКЕС). Ратифицирована СССР 30 сентября 1965 г.

30 сентября 1964 г. в состав промыслового флота СССР принято построенное в промысловом варианте первое отечественное научно-исследовательское судно «Академик Книпович», предназначенный для рыбопоисковых и рыбопромысловых исследований в отдаленных океанологических районах (рисунок 23) [17].

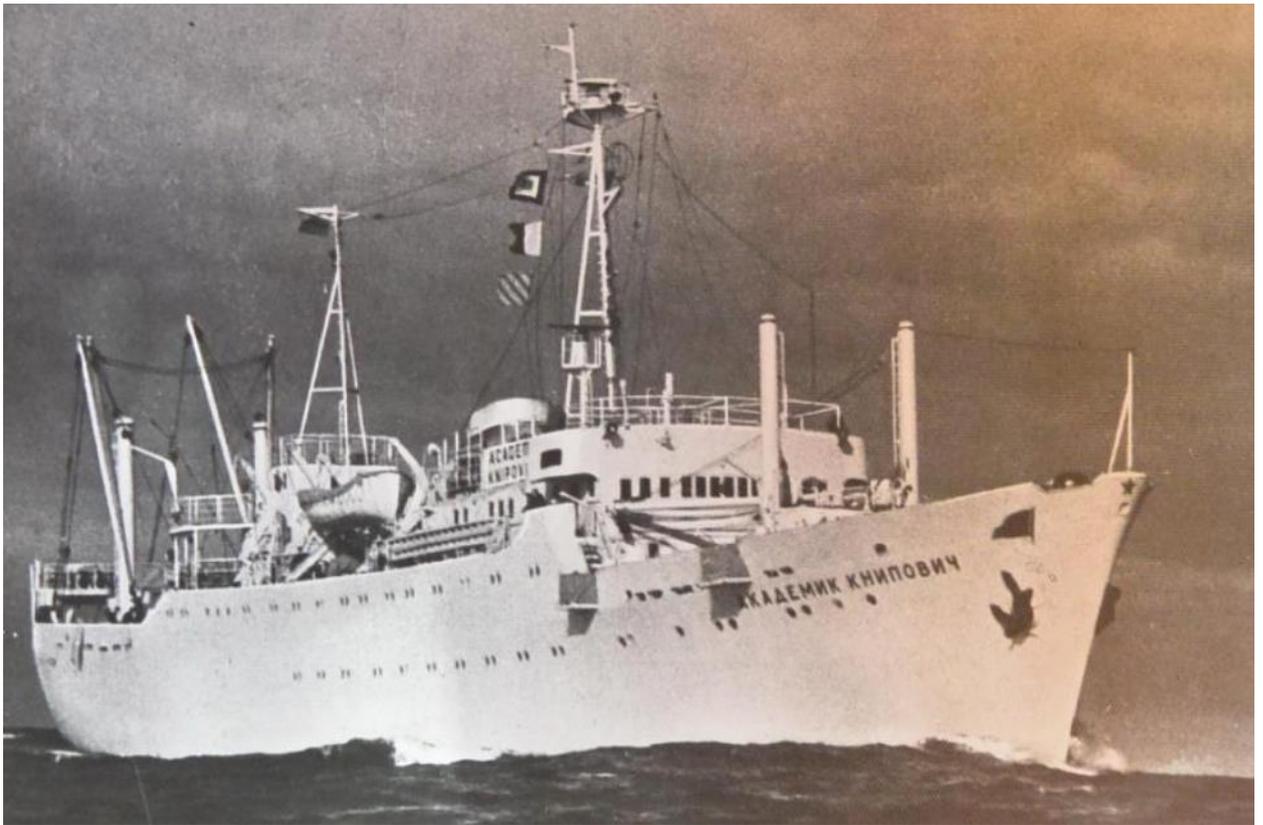


Рисунок 23 – Научно-исследовательское судно «Академик Книпович»

По инициативе великих ученых И.Д. Папанина и М.В. Келдыша в период с 1965 по 1967 годы на верфях Германии были построены семь удивительных научно-исследовательских судов: «Академик Курчатов», «Профессор Визе», «Академик Крылов», «Академик Ширшов», «Профессор Зубов», «Академик Вернадский» и «Дмитрий Менделеев». Первым в эксплуатации было введено научно-исследовательское судно «Академик Курчатов» (рисунок 24) [24].

В 1966 г. созданы биологические основы усовершенствования поликультуры карпа и растительноядных рыб, разработана биотехника искусственного разведения растительноядных рыб.

В 1967 г. рыбоводство на теплых водах было выделено в самостоятельную проблему Минрыбхоза СССР, создана первая в стране лаборатория рыбоводства на теплых водах при ВНИИПРХа.

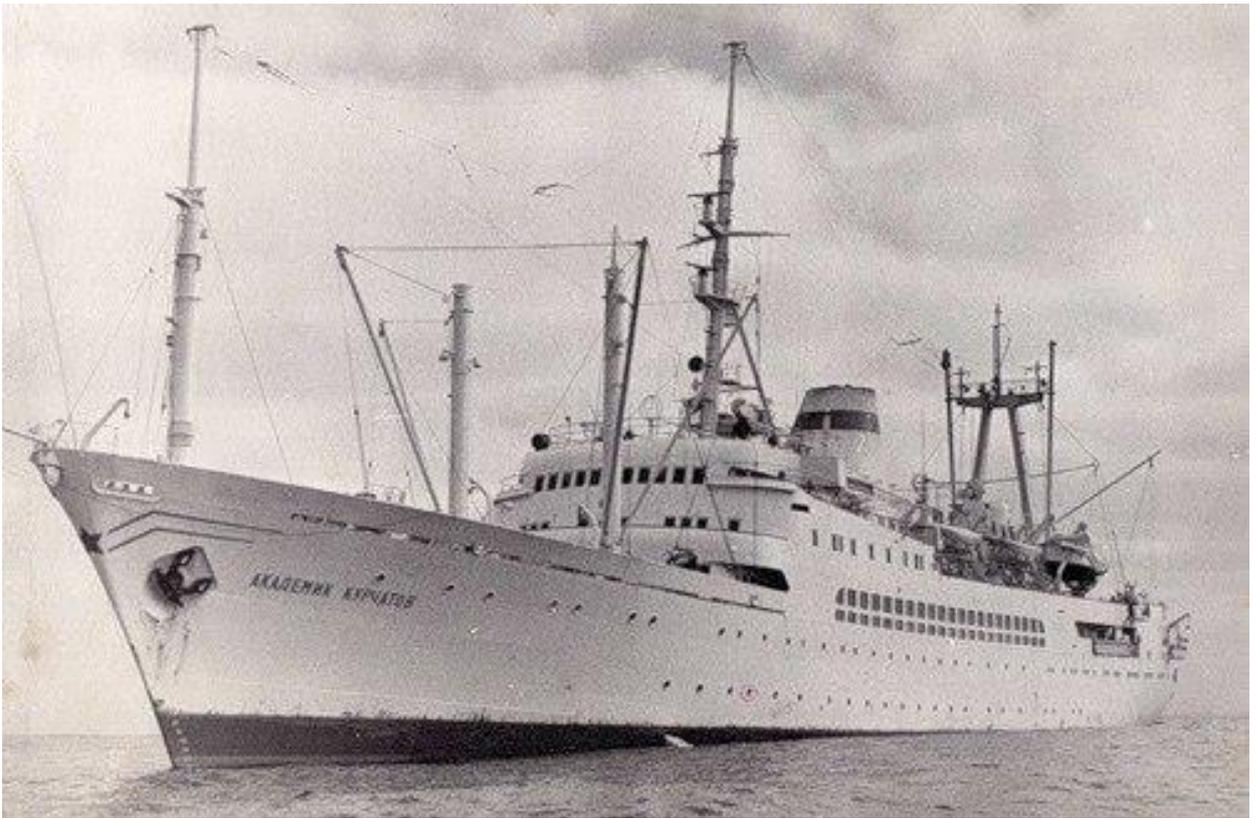


Рисунок 24 – Научно-исследовательское судно «Академик Курчатов»

В конце 1960-х годов были созданы первые отечественные сухие гранулированные корма для товарной радужной форели и технические условия на их изготовление.

В соответствии с приказом Минрыбхоза СССР от 14 июля 1970 г., в целях дальнейшего улучшения структуры системы Главрыбвода, Центральная инспекция по рыбохозяйственному контролю за проектированием отведения сточных вод и строительством очистных сооружений была реорганизована в «Центральное управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по охране и воспроизводству рыбных запасов» (ЦУРЭН). ЦУРЭН – головная специализированная организация Федерального агентства по рыболовству по осуществлению предупредительного надзора за соблюдением законодательных требований по сохранению водных биоресурсов и среды их обитания при планировании хозяйственной и иной деятельности, влияющей на экологическое состояние водных объектов [20].

В 1970 г. создан первый в СССР автономный глубоководный подводный аппарат «Север-2» (рисунок 25) с максимальной глубиной погружения 2000 м.

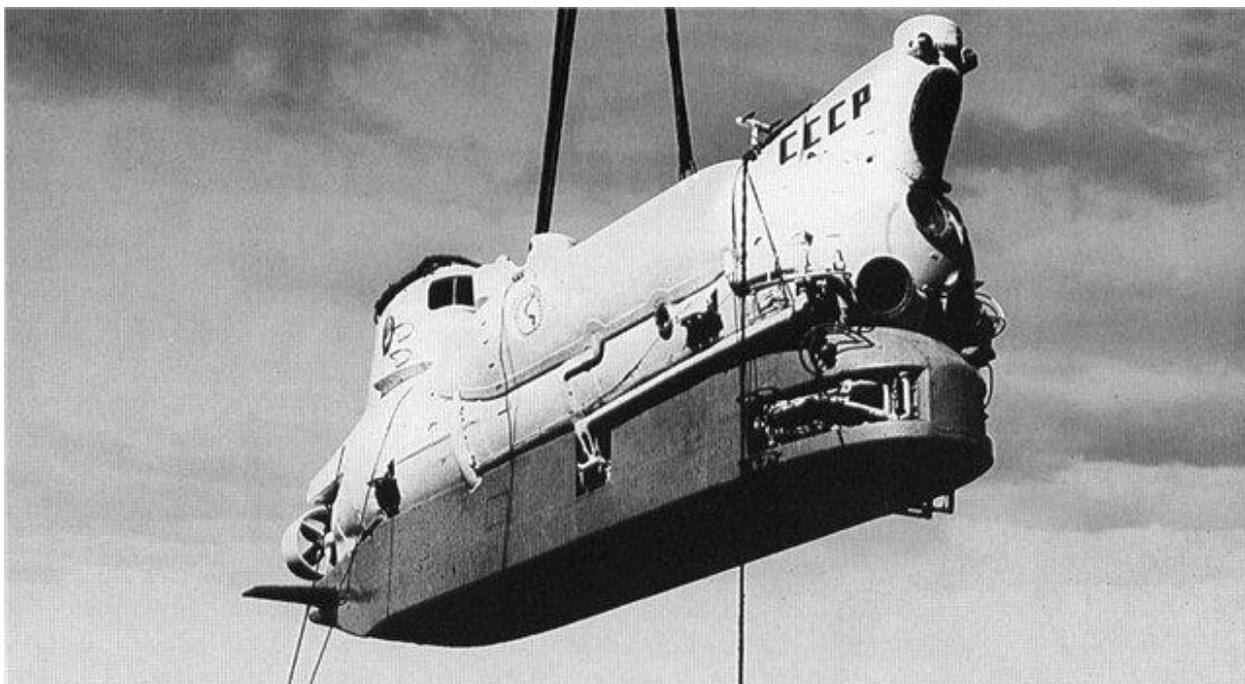


Рисунок 25 – Глубоководный подводный аппарат «Север-2»

30 сентября 1976 г. закончено строительство первой подводной лаборатории «Бентос-300» (рисунок 26).

В 1983 г. Е.А. Гамыгиным создана инструкция по кормлению рыб гранулированными кормами, выпускаемыми предприятиями Минрыбхоза СССР, Ю.П. Бобровым и А.С. Бобровым с другими учеными – создана инструкция по нормированию кормления карпа разного возраста, Н.И. Антонюк - методика расчета оптимальных кормосмесей для рыб.

В поселке Рыбное введен в действие экспериментальный цех приготовления рыбных комбикормов на импортном оборудовании производительностью 500 т в год и вычислительный центр.



Рисунок 26 – Подводная лаборатория «Бентос-300»

1 февраля 1995 г. создан Камчатский НИИ рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО, г. Петропавловск-Камчатский) и Сахалинский НИИ рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО, г. Южно-Сахалинск) на базе соответственно Камчатского и Сахалинского филиалов ТИНРО.

4 августа 1995 г. в Нью-Йорке завершилась 6-я, заключительная сессия Конференции ООН по трансграничным рыбным запасам и запасам далеко мигрирующих рыб, начавшаяся в 1993 г. в работе сессии принимали участие делегации 110 государств, в том числе и Россия.

28 октября 1995 г. из порта Калининград в кругосветное плавание, посвященное 300-летию Российского флота, вышло учебное парусное судно Роскомрыболовства России «Крузенштерн». За 302 суток было пройдено 39412 морских миль, проведен широкий круг научных исследований. Учебное парусное судно «Крузенштерн» (рисунок 27) вернулось 25 августа 1996 г. в г. Санкт-Петербург [24].



Рисунок 27 – Учебное парусное судно «Крузенштерн»

2.1 Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО») - базовое научное учреждение рыбохозяйственной отрасли России, который объединяет 29 научных организаций (в качестве филиалов).

ФГБНУ «ВНИРО» проводит комплексные научные исследования по всей России и в Мировом океане, в частности [6]:

- разработка биологических обоснований объемов общих допустимых уловов (ОДУ) и рекомендованного вылова водных биоресурсов;
- развитие аквакультуры и марикультуры;
- развитие генетики и молекулярной биологии;

- развитие технологий переработки гидробионтов;
- комплексная оценка воздействия на водные биологические ресурсы;
- формирование экономической политики рыбохозяйственной отрасли

России.

История ВНИРО начинается в 1881 г., когда была основана Соловецкая биологическая станция, которую преобразовали в Мурманскую биологическую станцию в 1899 г.

В 1929 г. Мурманская биологическая станция объединилась с Плавучим морским научным институтом, на базе которого был создан Государственный океанографический институт.

В 1933 г. был основан Всесоюзный НИИ рыбного хозяйства и океанографии путем слияния государственного океанографического института и Всесоюзного НИИ морского рыбного хозяйства.

До Великой Отечественной войны специалисты института изучали сырьевые ресурсы и среду обитания внутренних и окраинных морей СССР, разрабатывали методические основы их рационального использования, а также разрабатывали технику для промысла и обработки.

В послевоенные годы институт стал головным в области комплексного изучения ресурсов для океанического рыболовства, искусственного воспроизводства ценных объектов промысла, марикультуры, технологии переработки рыбного сырья.

В период начала активного развития океанического рыболовства (1956-1957 гг.) на основании анализа практики деятельности рыбохозяйственных научно-исследовательских подразделений, в подавляющем большинстве являвшихся филиалами и отделениями ВНИРО, они были реорганизованы в самостоятельные организации, работавшие в системе Минрыбпрома СССР, а затем - Минрыбхоза СССР.

Начало океаническому промыслу в нашей стране было положено в середине 1950-х гг. освоением ресурсов Норвежского и Северного морей

Северного промыслового бассейна; Берингова моря и залива Аляска в Тихом океане.

Ученые были инициаторами организации Берингоморских научно-промысловых экспедиций ВНИРО - ТИНРО, которые завершились в 1960-х гг. освоением нескольких миллионов тонн рыбы и беспозвоночных. В этой экспедиции был отработан комплексный подход к изучению новых районов промысла, поиску и обнаружению новых промысловых объектов.

В середине же 1950-х гг. началось изучение и освоение ресурсов Северной Атлантики. Именно опыт этих пионеров поисковых и исследовательских работ позволил отечественному рыболовству в 1960-80 гг. быть всегда в первой тройке наиболее развитых рыболовных стран.

В 1960-1980 гг. активная экспедиционная деятельность ВНИРО совместно с бассейновыми институтами и поисковым флотом в водах открытой части Мирового океана, как правило, сопровождалась разработкой конкретных рекомендаций по освоению ресурсов, технологии их добычи и комплексной переработки. К 1990 г. в открытом океане были выловлены отечественным флотом многие миллионы тонн гидробионтов.

Выдающиеся биологические открытия в Мировом океане конца XX в. – «ставридный пояс» в южной части Тихого океана и «анчоусный» вдоль южной полярной фронтальной зоны – связаны с усилиями поисковиков и ученых, работавших в рамках единых отраслевых и комплексных целевых (КЦП) программ.

Учеными ВНИРО был собран уникальный материал по ихтиофауне Мирового океана, океанологическому режиму промысловых районов. Сегодня хорошо известны фундаментальные работы ученых ВНИРО по систематике, ихтиогеографии, экологии рыб Мирового океана, по рыбам и беспозвоночным морей Арктики и Дальнего Востока. Неоспорим приоритет ученых ВНИРО в области изучения воспроизводительной способности рыб, в изучении ихтиопланктона, его видового состава, эколого-географической изменчивости, приспособительных особенностей, выживания и смертности

икринок и личинок промысловых рыб. Значительная часть многих знаменитых коллекций ихтиофауны, как в России, так и за рубежом, была собрана именно в эти годы, в том числе специалистами ВНИРО [6].

В настоящее время ВНИРО состоит из большого числа филиалов:

- Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»);
- Карельский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КарелНИРО»);
- Вологодский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ВологодНИРО»);
- Новгородский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НовгородНИРО»);
- Псковский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПсковНИРО»);
- Нижегородский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НижегородНИРО»);
- Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТатарстанНИРО»);
- Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СаратовНИРО»);
- Волгоградский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ВолгоградНИРО»);
- Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»);
- Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»);
- Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича);
- Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»);
- Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»);
- Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ЗапСибНИРО»);
- Пермский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПермНИРО»);
- Уральский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («УралНИРО»);
- Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ»);
- Байкальский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («БайкалНИРО»);
- Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»);
- Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («МагаданНИРО»);
- Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»);
- Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»);

- База исследовательского флота филиал ФГБНУ «ВНИРО» («БИФ ВНИРО»);
- Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»);
- Хабаровский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ХабаровскНИРО»);
- Якутский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ЯкутскНИРО»);
- Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга»);
- Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»).

2.2 Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ)

В 1932 г. Приказом Наркомснаба СССР № 613 от 3 августа 1932 г. на базе Центрального научно-исследовательского института рыбного хозяйства (ЦНИИРХ) организован Институт прудового рыбного хозяйства (сейчас ВНИИПРХ).

В 1932-1935 гг. ученые Г.В. Эпштейн, М.А. Пешков, Э.М. Ляйман в связи с массовыми случаями эктопаразитарных заболеваний провели обследование рыбхозов и карпо-утиных хозяйств центра России. Э.М. Ляйманом изучена эпизоотия дактилогироза и предложены рекомендации по его профилактике. Для борьбы с эктопаразитами А.К. Щербина разработал простой и эффективный способ обработки рыбы поваренной солью [3].

В 1933-1939 гг. на основе комплекса работ по генетике, селекции и гибридизации карпа В.С. Кирпичников, К.А. Головинская и Б.Г. Полкашина рекомендовали первое районирование карпа в СССР и начали работы по гибридизации карпа с амурским сазаном.

В 1934 г. Институт прудового рыбного хозяйства переименован во Всесоюзный научно-исследовательский институт прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ) с подчинением Главному Управлению рыбной промышленности Наркомпищепрома.

В 1936-1940 гг. А.К. Щербиной изучен бронхиомикоз карпа и разработана инструкция по методам борьбы с ним. В.А. Сигов в ходе изучения физиологической подготовленности сеголетков к зимовке предложил биометрический метод оценки их жизнеспособности по шкале коэффициента упитанности.

В 1937 г. сотрудники института И.А. Анищенко, Ф. Михайлов и А.Ф. Лашина участвовали в экспедиции на Дальний Восток и привезли белого толстолобика с целью его акклиматизации в европейской части СССР.

В 1938 г. В.М. Ильин предложил метод кормления мальков в нерестовых и выростных прудах, начиная с первых дней их активного питания.

В 1938-1941 гг. Н.И. Николукиным начаты исследования по отдаленной гибридизации костистых рыб.

В 1942-1943 гг. вся деятельность института была подчинена требованиям военного времени, велось обследование состояния прудового фонда, разрабатывались планы восстановления рыбоводных хозяйств.

В 1944 г. в институте был восстановлен сектор генетики, который организовал инвентаризацию фонда производителей, ремонтных стад карпа и их гибридов в 34 рыбхозах РСФСР. К.А. Головинской возобновлены работы по гиногенезу рыб и генетике чешуйного покрова у карпа.

В 1944-1945 гг. организованы три наблюдательных пункта на Рыбинском и Кутулукском водохранилищах. Возобновил работу пункт на Московском море.

В 1945 г. организована лаборатория физиологии рыб.

В 1946 г. ВНИИПРХ перешел в ведение Министерства рыбной промышленности РСФСР. Была организована Яхромская опытная база. Д.В.

Шаскольским впервые разработана и опубликована инструкция по селекционно-племенному делу. Д.Д. Ромашов, К.А. Головинская и В.А. Мусселиус получили доказательства естественного гиногенеза у однополых форм серебряного карася – было положено начало специальным исследованиям в области биологии размножения данного вида [13].

В.А. Гофманом, А.И. Исаевым, А.И. Селицким и Ф.М. Суховерховым выпущено специальное пособие по проектированию и строительству рыбоводных питомников.

Под руководством А.К. Щербины возобновлены исследования по болезням рыб. Специалисты института оказывали всемерную практическую помощь при восстановлении разрушенных рыбхозов.

В 1947-1952 гг. М.П. Шеиной и А.Н. Липиным начаты опыты по разведению дафний для кормления молоди в нерестовых и выростных прудах с использованием сенной муки в качестве корма для дафний.

В 1954 г. началось строительство рыбплемхоза (в настоящее время - опытное селекционно-племенное хозяйство) «Якоть» в Дмитровском районе Московской области (рисунок 28). С 1963 г. на опытной базе хозяйства ведутся работы по созданию, совершенствованию и внедрению в производство различных технологических процессов и схем для пресноводной аквакультуры, по разработке технологий промышленного выращивания лососевых, карповых, осетровых и других видов рыб в условиях садково-бассейновых хозяйств, по интенсификации прудового рыбоводства, по сохранению и улучшению продукционных свойств ремонтно-маточного стада карпа различных породных групп.

В 1948 г. Р.В. Крымовой начаты исследования по акклиматизации форелеокуня, продолжавшиеся до 1960 г. Возобновлены работы по акклиматизации амурских рыб. Ф.М. Суховерхов, В.И. Королева и А.С. Писаренкова вели изучение новых объектов для прудовых хозяйств: рипуса, белорыбицы, ерша, линя, щуки и стерляди. С.П. Пахомовым и Е.П. Радченко

начаты работы по развитию колхозного рыбоводства, разработан ряд мероприятий по использованию водоемов разного типа.



Рисунок 28 – Опытное селекционно-племенное хозяйство «Якоть»

В 1950-1951 гг. К.А. Головинской и Ю.П. Бобровой начата работа по созданию парской породы карпа.

В 1950-1959 гг. Д.Д. Ромашов, К.А. Головинская, Н.Б. Черфас, В. Беляева и А.А. Прокофьева-Бельговская провели исследования по искусственному индуцированному гиногенезу, установили возможность получения диплоидного гиногенетического потомства у карпа.

В 1951-1953 гг. М.А. Брудастова и В.И. Трофимов разработали план восстановления и расширения 40 рыбхозов РСФСР, который в дальнейшем лег в основу работы проектных организаций. Г.Д. Поляков и Р.И. Мухина разработали нормативы показателей упитанности карпа по физиологическим признакам.

В 1955-1957 гг. Л.В. Ерохиной испытан способ гранулирования кормов методом влажного прессования и предпринята попытка его использования на комбикормовых заводах. А.И. Канаев и В.А. Мусселиус впервые успешно

применили антибиотики для профилактики и лечения рыб. Построено Шатурское опытное хозяйство.

В 1957 г. Ф.М. Суховерхов, В.К. Виноградов, О. Кудринская и Р.В. Крымова начали работы по использованию в кормлении рыб нетрадиционных жмыхов и шротов.

В 1958 г. Институт передан в ведение Главного управления сельскохозяйственной науки Министерства сельского хозяйства РСФСР. П.В. Михеевым и Е.В. Мейснер начаты исследования по садковому рыбоводству при высоких плотностях посадки.

В 1957-1960 гг. организована лаборатория рыбоводства в торфокарьерах и озерах. М.А. Брудастовой разработаны рекомендации по проектированию прудов на торфокарьерах, а А.Г. Минц и Е.Н. Хайрулиной доказана возможность ведения на них полносистемного прудового хозяйства.

В 1959 г. Р.И. Мухиной, В.М. Королевой и Т.А. Деевой проведены первые опыты по улучшению состава кормов с учетом содержания в них аминокислот и витамина.

В 1959 г. Н.И. Николюкиным начаты экспериментальные исследования по гибридизации осетровых рыб (рисунок 29).

В 1960 г. под руководством Н.Б. Черфас были продолжены фундаментальные исследования по гиногенезу рыб. Начаты селекционные работы по созданию комплекса пород карпа: среднерусской, краснухоустойчивой и парской.

В 1963 г. создана Электрогорская база ВНИИПРХ - первое специализированное экспериментально-рыбоводное хозяйство на теплых водах.

В 1968 г. бурно развивается индустриальное (садковое) рыбоводство на теплых водах энергообъектов. А.Н. Корнеевым и Л.А. Корнеевой разработана комплексная технология по разведению и выращиванию карпа в садках, Т.Г. Петровой проведены первые эксперименты по выращиванию в садках осетровых.

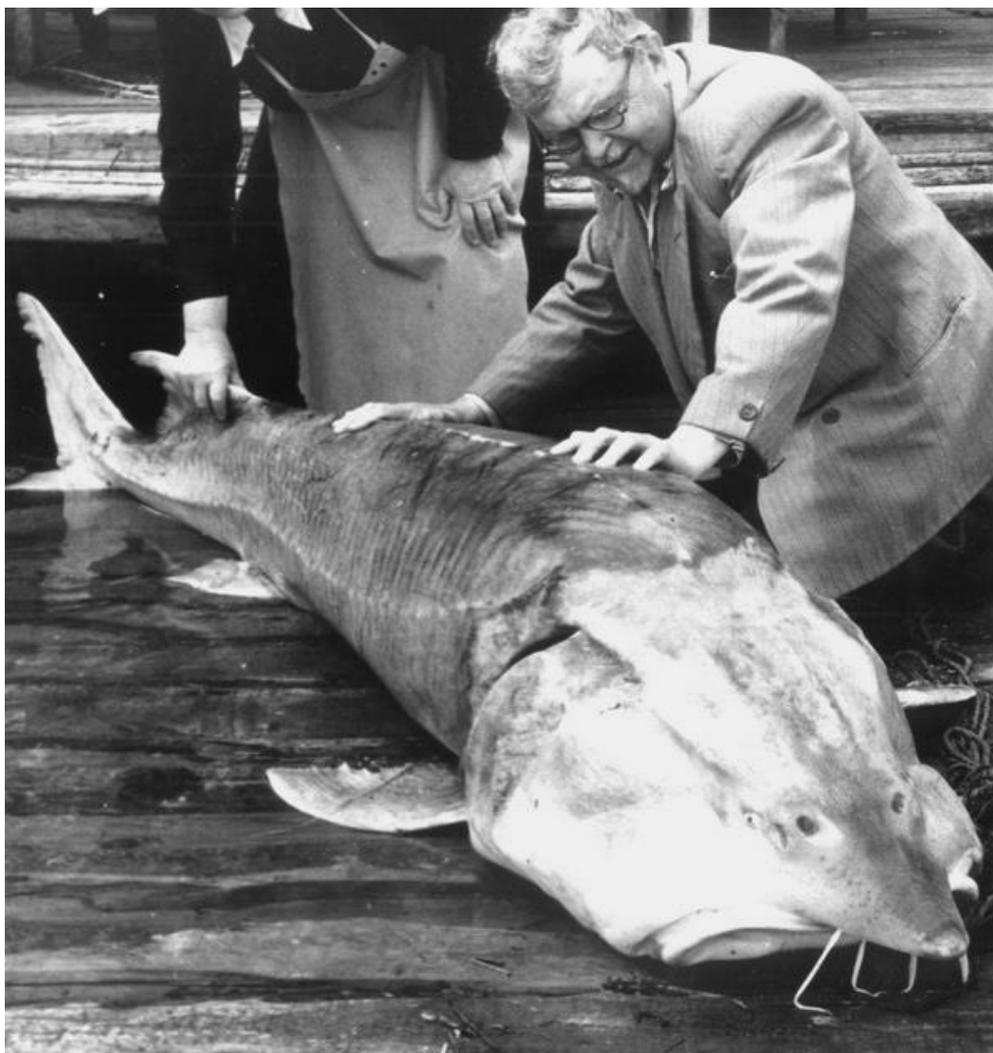


Рисунок 29 – Николукин Н.И. с бестером

В 1969 г. М.А. Щербиной создано новое направление исследований в области кормления рыб - физиолого-биохимические основы кормления. Е.А. Гамыгиным, А.Н. Канидьевым, В.Я. Лысенко впервые созданы рецепты полнорационных стартовых и продукционных кормов для различных размерно-весовых групп рыб, отработаны технологические параметры изготовления комбикормов способами сухого и влажного прессования.

В 1972 г. создана лаборатория прудового рыбоводства ВНИИПРХ в Средней Азии под руководством Р. Чарыева, в которой разрабатываются теоретические основы и технологические принципы резкого увеличения рыбопродуктивности прудов в VII зоне рыбоводства.

В 1973 г. введено в действие первое в стране предприятие индустриального (бассейнового) типа - Конаковский рыбопроизводный завод, впоследствии преобразованный в ГУДП «Конаковский завод товарного осетроводства». Производственно-экспериментальный завод построен на берегу Иваньковского (Волжского) водохранилища. Изначально предприятие было предназначено для разработки биотехнологий выращивания карпа и форели. Затем на заводе был образован полигон для разработки научных основ аквакультуры с использованием сбросных тёплых вод энергетических объектов. Впервые в мировой практике на Конаковском заводе была разработана полноцикловая технология:

- содержание осетровых рыб в неволе;
- получения от них потомства;
- выращивание товарной осетровой рыбы.

За длительное время работы была создана коллекция редких и исчезающих видов осетровых рыб - сибирского осетра из рек Лена, Обь и озера Байкал; стерляди европейского и сибирского происхождения, русского осетра, белуги, бестера, сахалинского осетра.

В 1995 г. бактериологами лаборатории ихтиопатологии разработана и испытана в промышленных условиях высокоэффективная сухая вакцина VYS-2 против аэромоноза карпа, вирусологами под руководством И.С. Щелкунова - способ профилактики вирусных заболеваний. Лабораторией криобиологии под руководством Л.И. Цветковой разработана технология криоконсервации спермы карповых, лососевых и осетровых рыб, создана коллекция криобанка. Разработаны биологические основы интегрированного рыбоводства и типовая технология под руководством В.И. Федорченко. В научно-техническом центре «Аквакорм» создан комплекс рецептов комбикормов для лососевых, карповых и осетровых рыб, включающих использование экструдированного сырья. А.Ю. Киселевым, В.И. Филатовым, Л.А. Богдановой, В.А. Слепневым и В.А. Ширяевым разработаны технологии

выращивания товарного осетра, молоди черного амура, веслоноса, гигантской пресноводной креветки и раков в условиях УЗВ.

В 1998 г. решением комиссии по испытанию и охране селекционных достижений признаны новыми породами в рыбоводстве и выданы свидетельства: карп ангелинский зеркальный; карп ангелинский чешуйчатый.

В 1988 г. начаты первые работы по криоконсервации спермы рыб с участием учёных из Института проблем криогенной биологии и медицины АН УССР.

В 2008 г. организована лаборатория водных биологических ресурсов.

В 2019 г. ВНИИПРХ реорганизовано путем присоединения к ВНИРО и в настоящее время является филиалом по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО».

2.3 Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ)

Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ) за время своего существования пережил неоднократные реорганизации и несколько переименований.

В 1914 г. организована лаборатория специалистов рыбного дела при Департаменте земледелия России.

В 1917 г. на базе лаборатории образован отдел рыбоводства и научно-промысловых исследований при Сельскохозяйственном ученом комитете Народного комиссариата земледелия.

В 1922 г. отдел преобразован в отдел прикладной ихтиологии и научно-промысловых исследований Государственного института опытной агрономии.

В августе 1929 г. отдел прикладной ихтиологии и научно-промысловых исследований Государственного института опытной агрономии преобразован в Ленинградский научно-исследовательский ихтиологический институт.

В 1930 г. была организована лаборатория гидрологии и гидрохимии, первым ее заведующим был Н.А. Мосевич. В 1930 г. были произведены гидрологические исследования в Баренцевом море у западных берегов Новой Земли.

В феврале 1932 г. институт переименован в Северный НИИ рыбного хозяйства.

В августе 1932 г. институт переименован во Всесоюзный НИИ озерного и речного рыбного хозяйства. В состав института было включено 8 рыбохозяйственных станций. В результате указанных преобразований институт превратился в крупное научно-исследовательское учреждение со многими отделениями.

С 1930-х годов деятельность института расширяется:

- генетика и селекция рыб;
- физиология и эмбриология рыб;
- изучение болезней пресноводных рыб;
- совершенствование техники добычи гидробионтов;
- экономика и организация рыбного хозяйства;
- организация промысловой разведки и составление промысловых карт;
- разработка вопросов прудового хозяйства;
- разработка акклиматизационных и мелиоративных мероприятий.

В 1952 г. создается экспериментально-производственная база «Ропша» при институте.

В 1932 г. была создана лаборатория физиологии рыб. Организатором и первым заведующим лабораторией физиологии рыб вплоть до 1941 г. был профессор Вячеслав Александрович Павлов.

В 1932 г. институт выполнил рыбохозяйственное обследование более 2500 озер Ленинградской области.

В конце 1930-х годов под руководством И.Н. Арнольда проведены опыты по безазотистому удобрению прудов (в рыбоводном хозяйстве «Ропша»). В качестве фосфорного удобрения им впервые был предложен суперфосфат, в качестве калийного - хлористый калий и натрий.

К 1939 г. для развития промышленного рыболовства осуществлены рыбохозяйственные исследования на крупных озерах страны: Ладожское, Онежское, Ильмень и другие.

В годы Великой Отечественной войны институт был эвакуирован в г. Тобольск (1941-1944 гг.) и в целях снабжения рыбой фронта и тыла занимался изучением и освоением рыбных запасов водоемов Сибири.

В 1958 г. институт переименован в Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (приказ Госплана РСФСР от 3 июня 1958 г.).

В 1963 г. была создана лаборатория селекции и генетики рыб профессором Валентином Сергеевичем Кирпичниковым.

В конце 1960-х г на основании проведенных исследований были созданы первые отечественные сухие гранулированные корма для товарной радужной форели и технические условия на их изготовление (И.Н. Остроумова, А.А. Шабалина, Л.А. Тимошина, Л.М. Князева, М.А.Дементьева, Т.А. Шерстнева, И.С. Розановская, Е.Н. Рождественская).

В 1979-1985 гг. под руководством И.Н. Остроумовой на основании исследований развития пищеварительной функции в раннем онтогенеза и особенностей биохимического состава мелкого зоопланктона ведется работа и создается принципиально новый стартовый корм для карпа (Эквизо), не имеющий аналогов в мире, который позволял впервые выращивать личинок карпа в лотках и бассейнах с первых дней питания без добавления живых кормов.

В 1980-90-е годы сотрудники продолжают работу и с радужной форелью. А.А. Шабалина создает рецептуру пастообразного корма для

производителей форели с целью повышения качества получаемого от них посадочного материала.

В 1987 г. В.С. Кирпичников выпустил фундаментальную книгу «Генетика и селекция рыб», которая была сразу переведена на английский, немецкий и японский языки и остается самым полным руководством в этой области, не потерявшей своей актуальности и в настоящее время.

В 2002 г. ГосНИОРХ получил статус Федерального государственного научного учреждения.

29 декабря 2015 г. институту присвоено имя Льва Семеновича Берга (приказ Федерального агентства по рыболовству от 29 декабря 2015 г. № 1002).

В 2019 г. Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л. С. Берга преобразован в Санкт-Петербургский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ГосНИОРХ им. Л. С. Берга»).

В настоящее время ГосНИОРХ занимается:

- оценка состояния запасов водных биоресурсов и прогнозирование уловов;
- эколого-токсикологические исследования;
- гидробиологические исследования;
- оценка воздействия на водные биологические ресурсы и среду их обитания;
- ихтиопатологические исследования;
- селекционно-генетические исследования;
- мониторинг популяций лососевых рыб;
- мониторинг и экспертиза безопасности продукции из гидробионтов и процессов их производства;

- разработка и совершенствование биотехнологий воспроизводства, акклиматизации, разведения и выращивания водных биологических ресурсов и объектов аквакультуры (рыбоводства);
- индустриальные технологии выращивания рыб и формирование ремонтно-маточных стад ценных видов;
- создание новых объектов аквакультуры (рыбоводства);
- разработка рецептур комбикормов и режимов кормления для рыб и других водных животных;
- инновационные технологии аквакультуры.

Международная деятельность института:

- Участие в работе экспертных и рабочих групп Международного Совета по исследованию морей (ICES), совместной Российско-Финской комиссии по приграничному сотрудничеству;
- Членство в Рабочей группе ICES WGBAST по балтийскому лососю и кумже; Европейской ассоциации специалистов по болезням рыб «The European Association of Fish Pathologists»; FSBI (Великобритания); SIL (США);
- Совместные исследования с научными организациями Финляндии по изучению биологии гидробионтов и среды их обитания в водах Финского залива, приграничных реках и озерах;
- Сотрудничество с Институтом пресноводного рыболовства им. Станислава Саковича в Ольштыне (Польша), Китайским океаническим университетом, с правительственными учреждениями Абхазии и Республики Дагестан.

3 Основные методы научных исследований

Наукой называют развивающую систему знаний объективных законов природы, общества и мышления. Это синтез познавательной деятельности и её результатов, которая развивается благодаря исследовательской деятельности общества. Конечной точкой научного исследования является получение нового знания.

Исследование, проводимое в любой области, имеет определенные характеристики. Основные из них следующие [7]:

- Каждое исследование должно иметь методологию как совокупность целей и задач, подходов, ориентиров, средств и методов исследования.
- Каждое исследование нуждается в организации, то есть в определенном порядке проведения, основанном на распределении функций и ответственности и закрепленных в специальных документах.
- Исследование должно иметь ресурсы, то есть комплекс средств и возможностей, обеспечивающих его успешное проведение.
- Любое исследование требует четкого определения объекта и предмета, то есть того, где и что изучается.
- Каждое исследование необходимо отнести к определенному типу, отражающему своеобразие характеристик.
- В конкретном исследовании должна быть потребность, то есть степень остроты решаемой проблемы определяет и степень ее актуальности.
- Исследования должны быть ориентированы на определенный результат, в качестве которого может выступать формула, модель, методика, рекомендации и другое.
- Исследование должно выдерживать определенную соразмерность ресурсов на его проведение и результатов, полученных от него, то есть быть эффективным.

Таким образом, основными характеристиками научного исследования являются методология, организация, ресурсы, объект и предмет, тип, потребность, результат, эффективность.

Структуру организации научных исследований представляют в виде четырех компонентов [8]:

- 1) общие вопросы научных исследований;
- 2) процессы научных исследований;
- 3) методика научных исследований;
- 4) технология выполнения научных исследований;

Основой любой науки является *методология* – учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности.

Методология – это стратегия научных исследований, которая обеспечивает достижение поставленной цели, сформулированной в гипотезе

Методы исследования (рисунок 30) – способы познания и изучения явлений действительности, с помощью которых получают достоверные сведения.

Философский метод (всеобщий) – всеобщий метод материалистической диалектики.

К общенаучным методам относятся (рисунок 31): гипотетический метод и исторический метод познания, обобщение, абстрагирование, формализация, аксиоматический метод, анализ, синтез, индукция, дедукция, аналогия, идеализация, системные методы, наблюдение, сравнение, счет, измерение эксперимент.

Методы частных наук – специфические способы познания и преобразования отдельных областей реального мира, присущие той или иной конкретной системе знаний (например: психология - психодиагностика).

При выборе методов необходимо знать возможности метода для каждого этапа исследования.

Методы научного познания условно подразделяются на ряд уровней [2]:

- эмпирический: анкетный опрос, счет, сравнение, собеседование, измерение, наблюдение;
- экспериментально-теоретический: анализ, синтез, моделирование, индукция, дедукция, исторический, гипотетический и логический методы, эксперимент;
- теоретический: анализ, синтез, абстрагирование, обобщение, индукция, дедукция, формализация, идеализация;
- метатеоретический: диалектический и метод системного анализа.

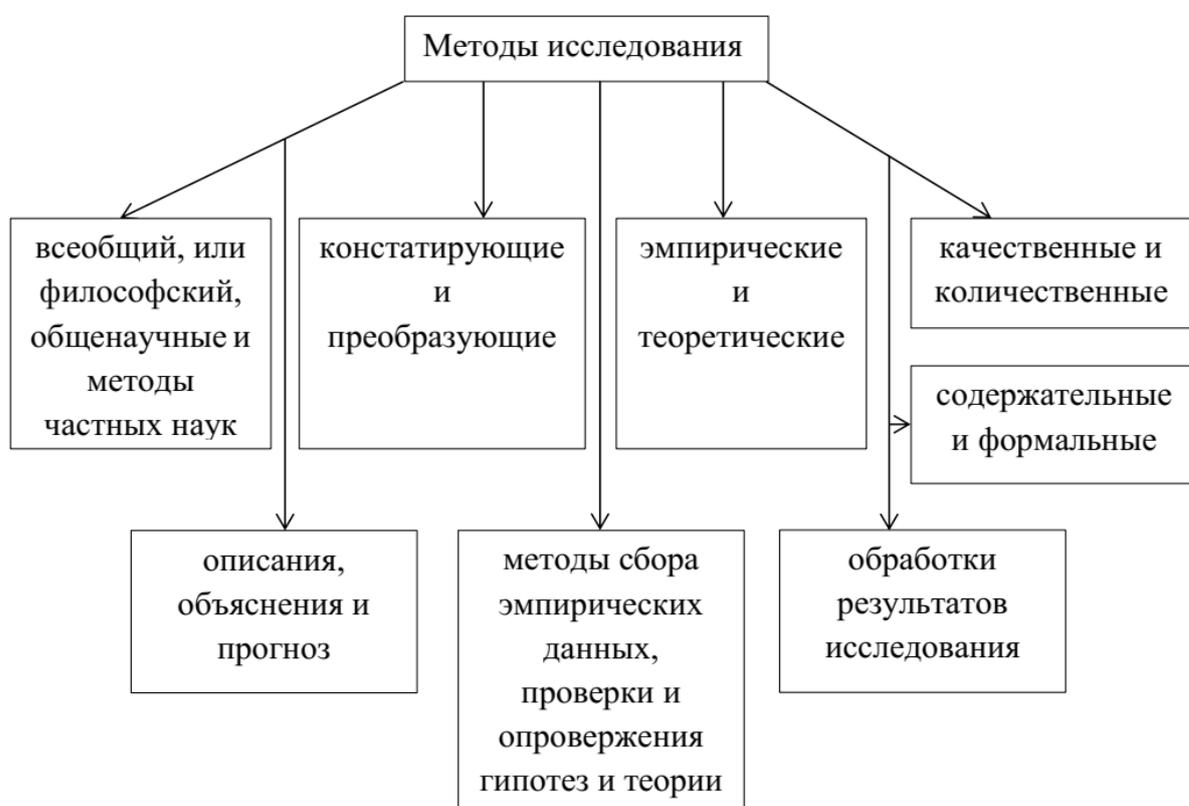


Рисунок 30 – Методы исследования

Чистых эмпирических методов в научном познании не бывает, так как даже для простого наблюдения необходимы предварительные теоретические основания – выбор объекта для наблюдения, формулирование гипотезы и т.д.



Рисунок 31 – Основные общенаучные методы

Используемые в аквакультуре методы исследований разнообразны. Основными методами исследований являются [18]:

- описательный,
- сравнительный,
- исторический,
- экспериментальный.

Описательный метод – позволяет анализировать и фиксировать внешние признаки объектов исследования, сравнивать их, находить закономерности, обобщать, открывать новые виды, классы и прочее.

Наблюдения могут быть прямыми или косвенными, они могут вестись с помощью технических приспособлений или без таковых. Важно понимать, что научное наблюдение, в отличие от обыденного, есть не простое, а целенаправленное изучение объектов или явлений: оно ведётся для решения поставленной задачи, и внимание наблюдателя не должно рассеиваться. Например, если стоит задача изучить сезонные миграции рыб, то мы будем замечать сроки их появления в местах нереста, а не что-либо иное [8].

Наблюдение – это избирательное выделение из действительности определенной части, иначе говоря аспекта, и включение этой части в изучаемую систему или целенаправленное восприятие явлений без вмешательства в них. Наблюдение в аквакультуре – это изучение гидробионтов в естественных условиях без вмешательства в их поведение.

Успех наблюдения зависит от ясности и конкретности поставленной цели, наличия необходимых предварительных знаний о наблюдаемых объектах, от умения анализировать и систематизировать материал наблюдений, от четкости фиксации результатов наблюдений в форме описания, чертежа, рисунка, фотоснимка и т.д.

При проведении наблюдений используют различные технические средства. Для наблюдения за ростом и развитием животных их взвешивают, измеряют, используя измерительное оборудование (весы, измерительные

ленты, штангенциркули и др.). Жак Ив Кусто для наблюдений за подводным миром изобрел акваланг, аппарат «ныряющее блюдо» (рисунок 32).

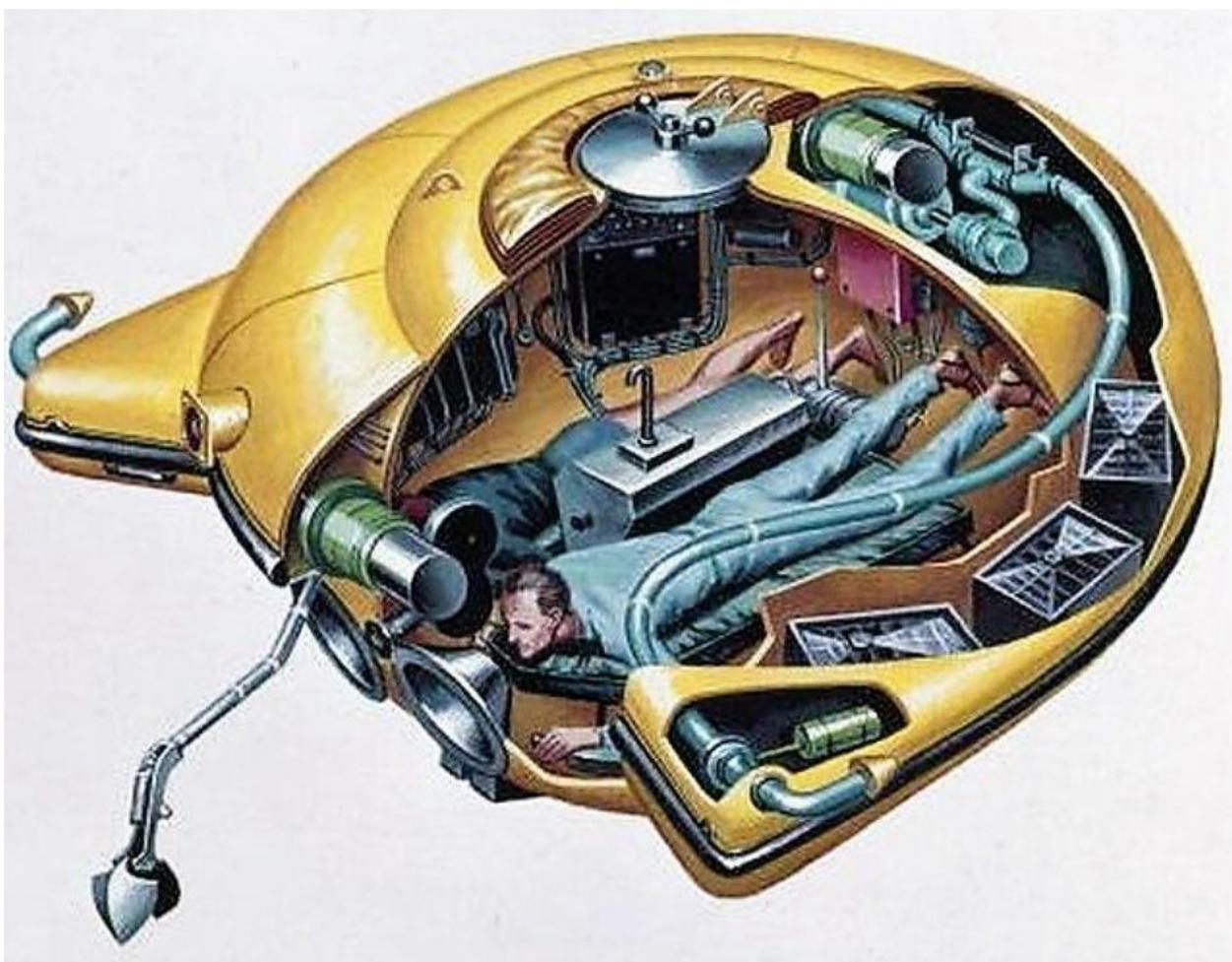
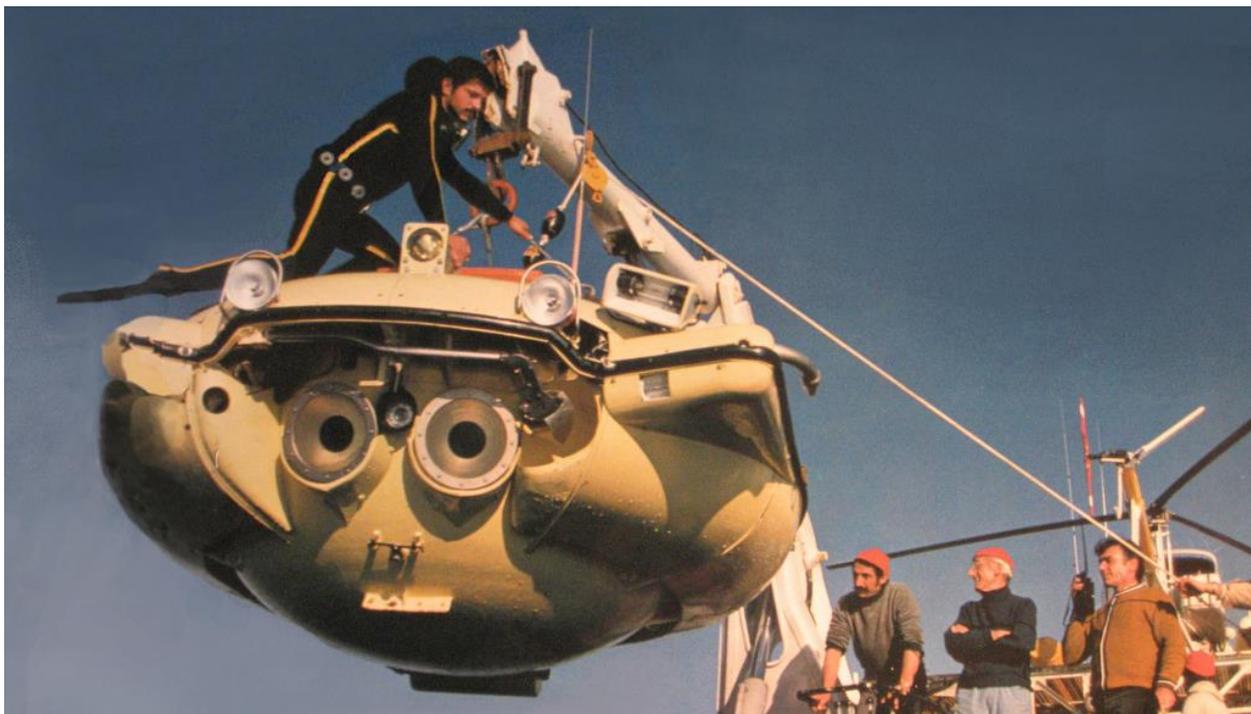


Рисунок 32 – Подводный аппарат «Ныряющее блюдо»

Описание наблюдений может иметь различные формы:

- структурное (экстерьер гидробионтов);
- функциональное (функции органов, их взаимодействие);
- генетическое (происхождение породы, вида).

Сравнительный метод — это исследование сходства и различия в строении, протекании жизненных процессов и поведении различных объектов. Позволяет изучать объекты исследования путём их сравнения между собой или с другим объектом, выявлять сходства и различия живых организмов, а также их частей. Полученные данные дают возможность объединять исследованные объекты в группы по признакам сходства в строении и происхождении.

Сравнительный метод появился еще в XVIII в. и в настоящее время широко применяется в биологических и сельскохозяйственных науках.

Сопоставление материалов наблюдений в разные периоды времени называется историческим сравнением. Так, сравнивая данные продуктивности, экстерьера рыб одной породы в разные годы можно установить особенности роста рыб, особенности при селекционных работах.

Исторический метод позволяет выявить закономерности образования и развития живых систем, их структур и функций, сопоставлять их с ранее известными фактами.

С введением исторического метода произошли значительные качественные изменения в науке. В настоящее время исторический метод, или «исторический подход», стал всеобщим подходом к изучению явлений жизни во всех биологических науках.

Экспериментальный метод. Эксперимент – искусственное создание в контролируемых условиях ситуации, которая помогает выявить глубоко скрытые свойства живых объектов или проверить гипотезу. Эксперимент, как одна из форм практики, выполняет функцию критерия истинности научного познания в целом. Достоинством экспериментального метода является

возможность проведения опыта в изолированных условиях, а также возможность повторяемости опыта [5].

В настоящее время экспериментальный метод характеризуется исключительными возможностями в изучении явлений жизни.

3.1 Методология экспериментального исследования

Методология эксперимента – это общая структура эксперимента, состоящая из ряда этапов (рисунок 33).

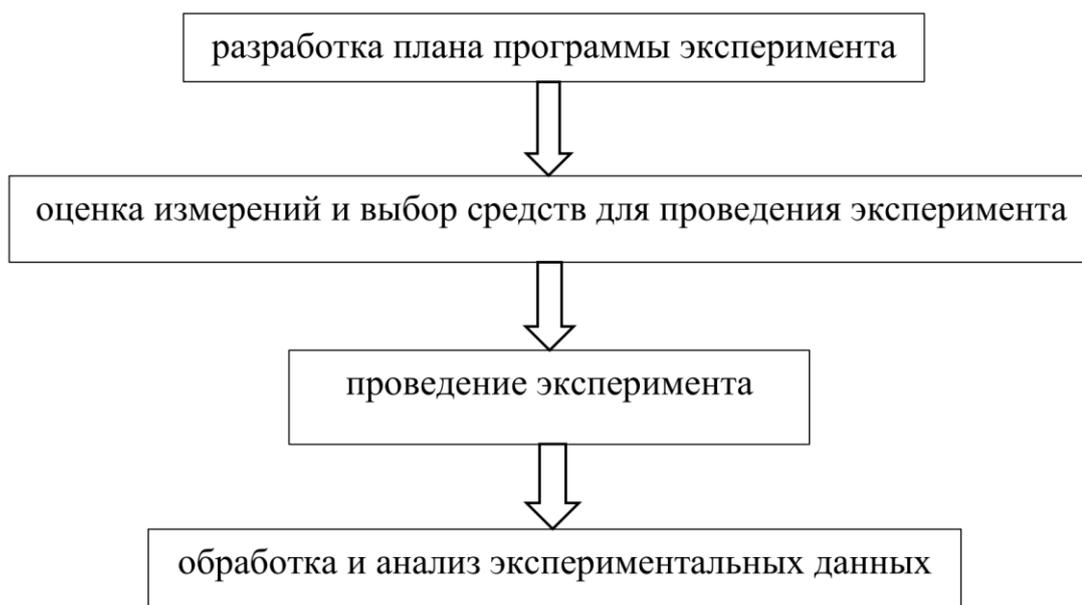


Рисунок 33 – Этапы методологии эксперимента

Планирование эксперимента – один из важнейших этапов организации исследования, на котором исследователь пытается сконструировать оптимальную для воплощения на практике план эксперимента [19].

Грамотно составленный план исследования и наличие всех компонентов позволяет добиться оптимальных значений валидности, надёжности и точности в исследовании.

Для коррекции плана проводят так называемое пилотное исследование, которое можно рассматривать как «черновик» будущего эксперимента.

Главными компонентами любого эксперимента являются:

- объект исследования;
- экспериментатор;
- факторы исследования;
- ответ или реакция объекта исследования;
- условия эксперимента.

По цели и результатам научные исследования подразделяются на **фундаментальные** и **прикладные**.

Фундаментальные направлены на открытие новых явлений и закономерностей, вскрытие связей между явлениями, выявление перспектив развития науки и техники, новых областей исследований, разработку теорий и моделей.

Суть фундаментальных исследований заключается в подтверждении или опровержении базовых положений, составляющих основу цельного, концептуального представления об объекте исследования. Результатом фундаментальных исследований выступает новая теория, позволяющая по-новому объяснить противоречащие в рамках прежней теории факты и методологические принципы [12].

Прикладные исследования направлены на объяснение явлений и фактов в рамках открытых законов и действующих теорий. Прикладные исследования используют как достижения науки для конкретного решения стоящих перед обществом задач.

По применяемым методам выделяют теоретические и экспериментальные исследования.

По стадии проведения научных исследований различают:

- поисковые исследования;
- научно-исследовательские работы;
- опытно-внедренческие разработки.

Поисковые исследования – это целенаправленная работа, когда на основе результатов фундаментальных исследований разрабатываются возможные методы и пути достижения научных решений, направленных на дальнейшее развитие фундаментальных исследований, обобщение частных решений и задач, систематизацию ранее известных подходов и изысканий путей использования теории и концепций в практике.

Научно-исследовательская работа – это такая работа, когда на основе результатов фундаментальных исследований разрабатываются научные методы и технологии, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие соответствующей отрасли знаний.

Опытно-внедренческие разработки ориентированы на практическое применение открытых явлений, процессов, фактов, разработанных научных методов и технологий. Они, как правило, всегда связаны с внедрением в практику результатов прикладных исследований.

Биологические эксперименты делят на:

- научно-хозяйственные;
- физиологические;
- производственные.

Научно-хозяйственный эксперимент проводят в обстановке, типичной для того производства, запросы которого удовлетворяются его постановкой, например садковое хозяйство. В нем изучают действие фактора(-ов) на хозяйственно полезные качества рыб: продуктивность рыб, костистость мяса, здоровье и т.д.

Физиологический эксперимент проводят в строго регламентированных условиях - в лабораторных. В нем изучают ограниченные стороны деятельности организма – биохимические показатели, уровень аминокислот, активность ферментов и т.п.

Производственный эксперимент характеризуется рядом особенностей: исследования проводят в сложившейся технологии производства, продолжительность эксперимента (до нескольких лет); большое число подопытных животных; апробация и внедрение научных достижений.

На результаты эксперимента могут повлиять различные факторы (рисунок 34).



Рисунок 34 – Факторы эксперимента

Планирование экспериментальных исследований осуществляется с учетом основных этапов научного исследования (рисунок 35).

В начале любого исследования необходимо выявить проблему исследуемого предмета, процедура решения которой поможет определить тему.

Наиболее ответственным этапом научного исследования является выбор и обоснование темы. Тема должна быть актуальной - иметь не только

теоретическое, но и практическое значение, например создание новых кормов, добавок, лекарств, новых технологий выращивания гидробионтов.

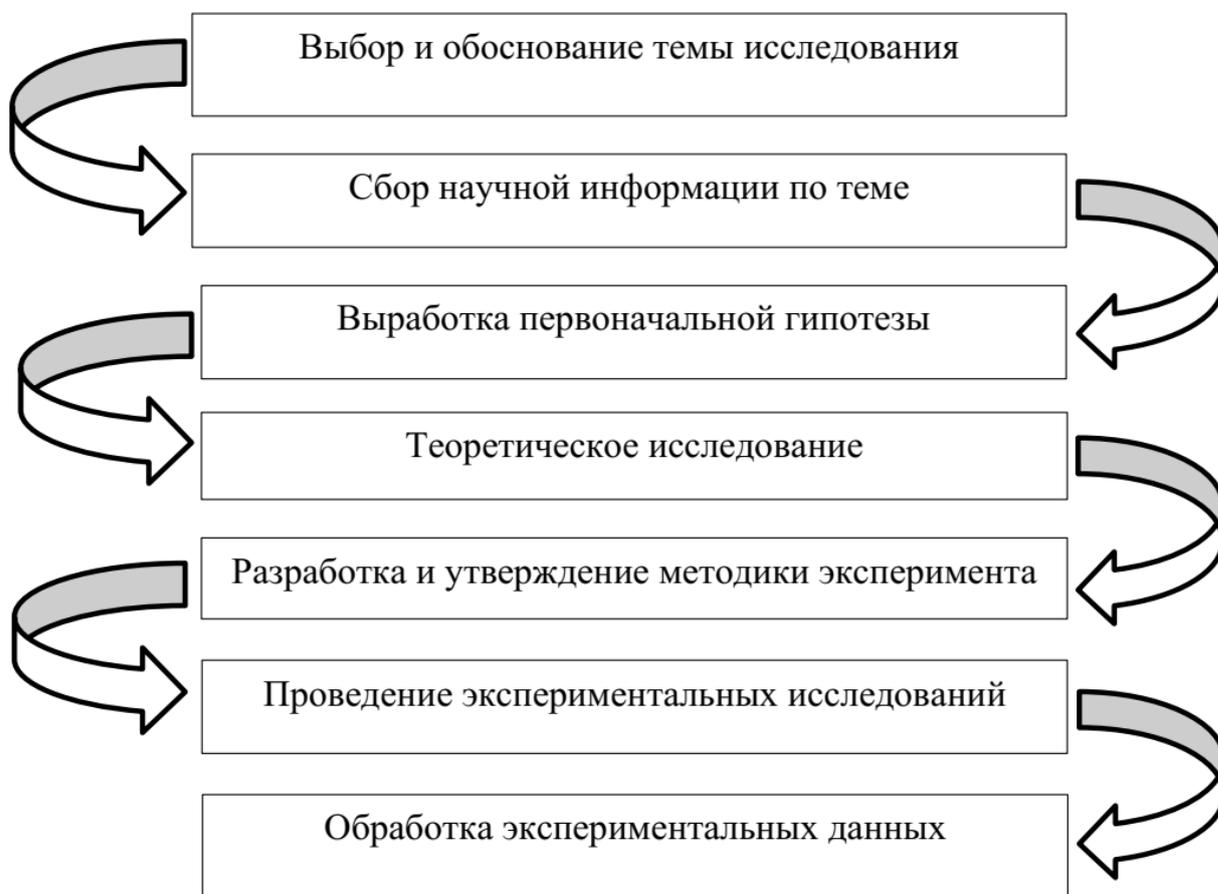


Рисунок 35 – Этапы научного исследования

При обосновании темы исследования необходимо опираться на патентные исследования, это позволит оценить новизну темы.

В ходе анализа научной информации формируется первоначальная гипотеза формируемой темы исследования. Гипотеза (греч. *hypothesis* - предположение) – предположительное непроверенное суждение о закономерной (причинной) связи явлений.

Можно выделить два полюса в исследовании, которые производят факты и гипотезы. Факты являются фундаментом науки и лежат в основе всякой гипотезы. Факты имеют значение абсолютное, теории и гипотезы – лишь относительное. Факты есть строительный материал, теория – план

будущего здания. Во время постройки план может много раз меняться, строительный материал так или иначе идет в дело, но без плана невозможно вывести здание. Так без теории не может существовать наука. Поэтому для успешного исследования требуется как глубокое понимание особенностей исследуемого объекта (его структуры, функционирования тех или иных подсистем и т.д.), так и хорошее понимание алгоритмов использованных методов статистического анализа.

При анализе предмета исследования выделяются положительные и отрицательные аспекты заданной области. Положительными аспектами является наличие информации о структуре предмета исследования, а отрицательными – её отсутствие.

Аналитический обзор литературы сводится к поиску путей трансформации отрицательных аспектов исследуемого предмета в положительные, а именно к способу перевода незнания в знание. Это помогает определить проблему, разрешение которой обозначит тему исследования.

Тема исследования комплиментарна проблеме как вопрос и ответ. Конкретность постановки вопроса определяет ясность ответа. Так и с определением темы исследования, чем чётче выявлена проблема, тем проще сформулировать название темы.

Цель ставится непосредственно после проблемы, когда определены названия темы исследования, ее объект и предмет. Цель исследования определяется такими понятиями как актуальность выбранной темы исследования, её новизна и практическая значимость.

Новизна исследования зависит от степени изученности предмета и надежности применяемых методов. Поэтому новизну научного исследования принято ранжировать в соответствии со значимостью полученных результатов, которая зависит от разработки новых методов исследования (измерения и обработки результатов) и (или) применения старых методов исследования к новому предмету. Использование нового предмета и (или)

метода исследования дает возможность вначале выявить и описать закономерности, раскрывающие его структуру, а впоследствии раскрыть механизм причинно-следственной связи исследуемого предмета [7].

Количественными показателями, отражающими практическую значимость исследования, являются экономический эффект, эффективность, коэффициент полезного действия.

Задачи исследования зачастую формулируют после гипотезы, хотя логически верно их увязывать с проблемой и целью исследования. Взаимосвязь проблемы и задачи исследования можно отразить следующим образом: проблема – это задача, для которой не определены условия её решения и наоборот, задача – это проблема, для которой известны условия её решения.

Задачи обычно связаны с выделенными нами параметрами, которые планируется исследовать (анализировать, оптимизировать, описать графически и аналитически). То есть процедуру изучения выделенных параметров определяют задачи. Если стратегия исследования определяется её целью (целевой функцией), то тактика – задачами (параметрами).

Структуру исследования можно отразить следующим образом: проблема (тема, цель) – задачи – опыты – анализ – выводы – основной результат.

Ясность и простота описания структуры исследовательской работы отражается в форме изложения полученных результатов. Примером диалектического единения содержания и формы исследования может быть сияние света, как результат правильной огранки кристалла, где форма определяется симметрией граней, а содержание чистотой камня.

Экспериментальные исследования начинают лишь тогда, когда составлена, обсуждена, одобрена и утверждена методика ее проведения.

В основе планирования эксперимента лежат два основных принципа:

- репликация;
- рандомизация.

Репликация – это повторение основного опыта. Проведение повторных опытов позволяет получить более точную оценку исследуемого эффекта в эксперименте, а также исключить случайные погрешности.

Рандомизация – процесс случайного распределения подопытных животных по группам или процедура случайного отбора респондентов при построении случайной выборки.

Кроме того, существует более десяти методов постановки экспериментов.

Периодический метод – действие изучаемого фактора проводится на одной группе животных, но в разные периоды времени.

Групповой метод – действие изучаемого фактора испытывается на нескольких группах животных, но в одно и то же время. Формируют контрольную и опытные группы. Например, в эксперименте на рыбах изучается эффективность вскармливания пробиотического (П) и ферментного (Ф) препаратов, а также антибиотиков (А). Схема эксперимента будет выглядеть следующим образом:

- рыбы контрольной группы получают основной рацион (ОР);
- 1 опытная – ОР + П;
- 2 опытная – ОР + Ф;
- 3 опытная – ОР + А.

Главным достоинством группового метода является то, что исключается влияние случайных факторов эксперимента. Недостатками метода можно выделить влияние индивидуальных особенностей рыб (животных) на результаты эксперимента.

Групповой метод имеет несколько разновидностей (рисунок 36).

В аквакультуре чаще всего используют метод пар-аналогов (парный метод). Сущность, которого заключается в комплектовании подопытных групп путем подбора аналогов сходных рыб, которых распределяют таким образом, чтобы каждой рыбе в одной группе соответствовал аналог в другой

группе. Аналоги должны быть одной породы, одного возраста и массы тела, здоровые особи, упитанные, без травм и уродств.

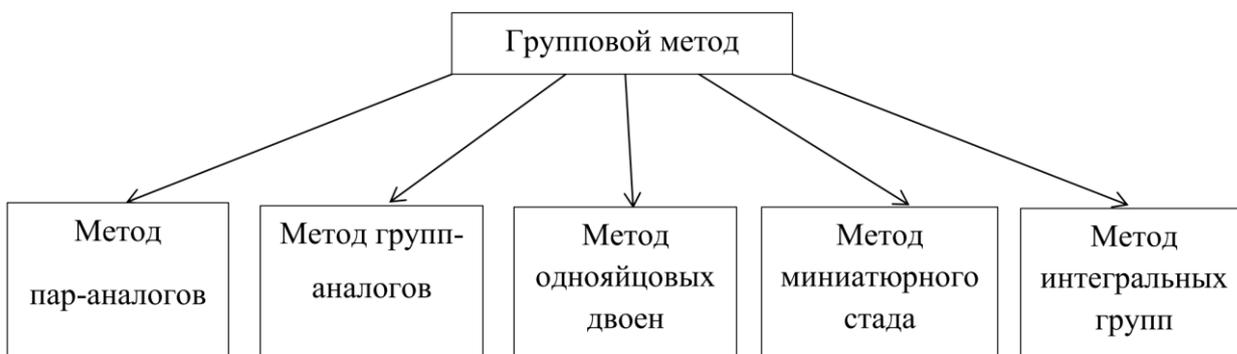


Рисунок 36 – Разновидности группового метода

При проведении эксперимента, в начальный период животные содержатся в условиях *подготовительного периода (уравнительный период)*, в течение которого животные адаптируются к новым условиям содержания и кормления. Продолжительность подготовительного периода зависит от постановки цели и задач исследования и составляет обычно 1-2 недели.

При постановке эксперимента важно определить оптимальное число подопытных животных в группе. Считается, чем больше подопытных, тем легче доказать достоверность экспериментальных данных и казалось бы, чем больше животных, тем лучше, но это далеко не так. Многочисленные группы трудно сформировать, например, сложно обеспечить всех животных одинаковыми условиями кормления. В многочисленных группах затрудняется процесс учета продуктивности животных и физиологических показателей, а также увеличиваются затраты на проведение исследований.

4 Биометрическая обработка экспериментальных данных

В настоящее время применение статистических методов предоставляет выбор или создание математической модели, проверку её соответствия экспериментальным данным и анализ результатов, вытекающих из её рассмотрения [9].

Знание новых зависимостей позволяет генерировать новые гипотезы о механизмах исследуемых факторов воздействия на изучаемые объекты – методов работы с биообъектом. Эту информацию можно считать наиболее ценной, поскольку именно она позволяет исследователю решать задачу прогноза. «Знать, чтобы предвидеть, предвидеть – чтобы управлять» – эти слова Огюста Куно как нельзя лучше иллюстрируют ценность информации об изучаемых зависимостях.

Очевидно, что в такой ситуации необходимо использовать статистические методы, которые обеспечивают максимально достижимую надежность результатов анализа. Профессионал, исследующий интересующие его объекты, всегда будет относиться к ним как к системе. А любая система, как известно, включает в себя не только отдельные элементы, но и структуру, объединяющую их в единое целое. При этом структура биологических объектов чаще всего проявляет себя в виде разнообразных статистических связей. Кроме простых последовательных структур причинно-следственных связей существуют и более сложные структуры (например, параллельно-последовательные, древовидные, матричные, с обратной связью и т.д.). В итоге применения адекватных методов статистического анализа появляется возможность отфильтровать случайную составляющую и получить глубинную информацию о структуре исходных признаков и исследуемых групп [19].

Основные проблемы применения методов обработки полученных результатов подобны сложностям их получения (методам измерения).

Например, каковы проблемы применения криопротекторов в криобиологии?

Классифицируя их, можно выделить следующие уровни:

1) материальный – наличие необходимого криопротектора или замораживателя;

2) информационный – наличие необходимых знаний, опыта, методик, программ и т.д.;

3) организационный – наличие необходимых условий проведения исследования, заинтересованности руководителей и исполнителей и т.п.

Задачи 1-го уровня зависят в большей степени от внешних условий (они объективны), тогда как 2-го и 3-го уровней – от внутренних (субъективны). Проблема 2-го уровня стоящая перед профессионалом заключается в умении применять методы биометрии. Поэтому ведущей причиной ограничения использования математического моделирование является отождествление дисциплин биометрии и статистики. Умение определять условия решения поставленной задачи является критерием оценки специалиста в овладении им методов планирования биологического эксперимента. Отсутствие плана исследования приводит к тому, что поставленная задача может и не имеет решений или выводы статистического анализа собранных данных отвечают на отдельные, узкие задачи исследования, которые оказываются не адекватными ранее поставленной цели. Скудность подобных выводов отражает несостоятельность гипотез и предположений, которыми оперирует исследователь, опираясь только на факты без должного их анализа.

Математические методы позволяют более точно характеризовать различные явления и выражать различные связи, и зависимости между ними. При проведении экспериментальных исследований обычно изучается действие того или иного фактора на животный организм, например, влияние пробиотических препаратов в рационе рыб и т.д.

В ответ на воздействие тех или иных факторов обычно изменяется ряд показателей у животных: продуктивность, гематологические показатели,

аминокислотный состав тканей и органов и т.д. Достоверными ли являются наблюдаемые изменения или они носят случайный характер, невозможно решить без использования биометрических методов. Поэтому существует непереносимое требование при проведении экспериментов или анализе материалов, полученных непосредственно в хозяйстве или на предприятии, - их биометрическая обработка.

Объектом биометрии являются не отдельные животные, а группы животных, так как при проведении опытов устанавливаются такие закономерности, которые скрыты случайной формой своего проявления и могут быть выявлены только статистическим путем при обработке большого материала [22].

Простейшая группировка данных проводится на различных этапах исследования:

- сбор информации (статистическое наблюдение);
- обработка информации (сводка и группировка);
- анализ информации (индексный, дисперсионный, корреляционно-регрессионный);
- выводы.

Принято различать генеральную и выборочную совокупность.

Генеральную совокупность составляют все многочисленные животные, которые могут интересовать исследователя по каким-либо изменяющимся признакам.

Выборочная совокупность это часть особей генеральной совокупности, которая отобрана из нее по принципу случайности и которая репрезентативно отражает ее свойства. Различают два типа случайной выборки:

- большую, при $n > 30$;
- малую, при $n < 30$.

Для большой и малой выборок существуют различные приемы обработки данных.

4.1 Способы группировки первичных данных

Зафиксированные в ходе экспериментальных исследований данные представляют собой первичный фактический материал, который необходимо обработать. Обработка начинается с упорядочения или систематизации собранных данных.

Процесс систематизации результатов наблюдений, объединения их в относительно однородные группы по некоторому признаку называется группировкой.

Группировка – это не просто технический прием, позволяющий представить первичные данные в комплексном виде, но и глубоко осмысленное действие, направленное на выявление связей между явлениями. Ведь от того, как группируется исходный материал, во многих случаях зависят выводы о природе изучаемого явления. Один и тот же материал дает диаметрально противоположные выводы при разных приемах группировки. Нельзя группировать в одну и ту же совокупность неоднородные по составу данные, необдуманно выбирать способ группировки. Группировка должна отвечать требованию поставленной задачи и соответствовать содержанию изучаемого явления [21].

Распространенной формой группировки являются статистические таблицы. Для структурирования информации в виде таблицы необходимо познакомиться со свойствами выборки.

Прежде чем приступить к накоплению экспериментально полученных данных, необходимо определить категорию, к которой они относятся.

Существует целый ряд категорий определяющих исследуемые признаки биологических объектов.

Качество (нечисловой дискретный признак) – простой, непосредственный способ регистрации фактов. Значения таких признаков выражаются словами или символами, они не имеют количественного

содержания и выражают принадлежность данного объекта к определенной обширной группе объектов (цвет - зеленый, месяц - январь, пол - ♀).

Количество (число) – дискретный (счетный) количественный признак (число натурального ряда), характеризующий множество однородных объектов, деталей строения, состав (число эмбрионов у самки, число жаберных тычинок у рыб).

Балл (оценка) – дискретный полуколичественный признак, численная характеристика объекта, присвоенная в соответствии с внешней заранее принятой шкалой баллов. Во время оценки объект соотносится с этими критериями и ему присваивается соответствующий балл.

Необходимо учитывать, что качественные и полуколичественные показатели не подлежат статистической обработке. Перевод качественных и полуколичественных показателей в количественные есть обязательное условие для применения математической статистики. Путь объективизации данных (измерение доли усвоенной информации) и возможность их последующей статической обработки возможен посредством умения классифицировать и трансформировать показатели по шкале измерения.

4.2 Построение вариационного ряда

Основная особенность выборки, как множества значений случайной величины – это отличие отдельных вариантов друг от друга, явление изменчивости, варьирования, появления отличий между отдельными вариантами.

Один из источников варьирования эндогенный – это индивидуальные отличия по статусу и по состоянию. Например, животные одного возраста различны индивидуально, генетически, т.е. по статусу. Кроме того, каждое из

них в разные годы, сезоны, время суток имеет разные морфофизиологические характеристики, т.е. отличается по состоянию.

Другой источник отличий между вариантами – факторы внешней среды, т.е. условия проведения наблюдений, среда существования объекта, возможная причина, определяющая текущее состояние объекта. Часто говорят про факторы эндогенные, внутренние (статус, способ существования объекта), и экзогенные, внешние (среда, условия существования объекта).

Фактор всегда есть активное, действующее начало, признак – его результат, последствие. Факторы, влияющие на значения, различаются по своей природе. Если фактор влияет на все варианты выборки постоянно и примерно одинаково, он называется систематическим (или доминирующим). Если фактор непостоянен, влияет на варианты не одинаково, с разной силой, он определяется как случайный.

С методической точки зрения при наблюдениях или в эксперименте самым важным оказывается обязательная регистрация максимально возможного числа факторов (как внешних, так и внутренних). Тогда появляется возможность исследовать их раздельное действие на объект, поскольку существуют методы, которые позволяют из многокомпонентной среды вычленять эффекты действия отдельных факторов. Особенно работоспособны дисперсионный, регрессионный и компонентный анализы.

Любое статистическое исследование должно начинаться с установления характера распределения изучаемых признаков. Распределение – это соотношение между значениями случайной величины и частотой их встречаемости. Большая повторяемость одних значений по сравнению с другими заставляет задумываться о причинах наблюдаемых процессов. Если значения признака откладывать по оси абсцисс, а частоты их встречаемости по оси ординат, то можно построить гистограммы, удобные для исследования. Основой для построения гистограммы служит вариационный ряд [22].

Вариационный ряд – это представленный в виде таблицы ряд значений изучаемого признака, расположенных в порядке возрастания с соответствующими им частотами их встречаемости в выборке.

Полученная в результате статистического наблюдения выборка из n значений (вариант) изучаемого количественного признака X образует вариационный ряд. Ранжированный вариационный ряд получают, расположив варианты x_j , где $j = 1, 2, \dots, n$, в порядке возрастания значений, то есть $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_j \leq \dots \leq x_n$.

Изучаемый признак X может быть дискретным, то есть его значения отличаются на конечную, заранее известную величину (число рыб), или непрерывным, то есть его значения отличаются на сколь угодно малую величину (масса тела).

Вариационный ряд для дискретного признака X принято наглядно и компактно представлять в виде таблицы, в первой строке которой указаны k различных значений x_i изучаемого признака, а во второй строке – соответствующие этим значениям частоты v_i , где $i = 1, 2, \dots, k$. Такую таблицу называют *статистическим (выборочным) распределением*.

Переход от исходного вариационного ряда дискретного признака X к соответствующему статистическому распределению рассмотрим на простом примере:

- имеем следующий вариационный ряд, полученный в результате статистического наблюдения (единицы измерения опускаем): 18, 15, 18, 11, 8, 8, 15, 8, 15;

- ранжированный вариационный ряд x_j : $v_1 \begin{cases} 8 \\ 8 \end{cases}$; $v_2 \{11$; $v_3 \begin{cases} 15 \\ 15 \end{cases}$; $v_4 \begin{cases} 18 \\ 18 \end{cases}$,

где $j = 1, 2, \dots, n$; $n = 10$;

- соответствующее статистическое распределение имеет вид, представленный в таблице 1 ($i = 1, 2, \dots, k$; $k = 3$).

Таблица 1 – Статистическое распределение данных

x_i	8	11	15	18
ν_i	3	1	3	2

4.3 Первичная статистическая обработка полученных данных

Первым этапом проведения статистической обработки является определение наличия грубых ошибок в выборке и их исключение.

Грубые ошибки возникают вследствие нарушения основных условий измерений или в результате небрежности экспериментатора. Они резко отличаются по величине от остальных значений, на чем и основаны некоторые критерии их исключения из рассмотрения. При обнаружении грубой ошибки результат следует исключить, а само измерение, если это возможно, повторить [16].

Для выявления резко отклоняющихся величин (промахов), используется ряд критериев (Диксона, Романовского, Шовине, Шарлье), основанных на нормальном распределении признаков, когда количество измерений меньше 30.

Чаще всего в статистической обработке принято использовать Q -критерий (Диксона) – удобный критерий с малыми вероятностями ошибок:

$$Q = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}, \quad (1)$$

где x_1 и x_n – крайние значения ряда построенного по возрастанию: $x_1 < x_2 < x_3 \dots x_i < x_n$.

Наиболее вероятными значениями грубых ошибок являются эти крайние члены ряда, следовательно, именно их необходимо проверить на значимость разницы $x_2 - x_1$ и $x_n - x_{n-1}$. Полученное значение Q сравниваем с табличным Q -критерием (таблица 2).

Если $Q > Q_{крит}$, то результат является промахом с уровнем вероятности $P \geq 90 \%$ и исключается из нашего рассмотрения. Q -критерий работает для выборок, содержащих от 3 до 10 значений, при больших объемах выборки он становится нечувствителен к промахам.

Таблица 2 – Численные значения Q -критерия в зависимости от количества измерений

n	$Q_{крит}$
3	0,94
4	0,76
5	0,64
6	0,56
7	0,51
8	0,47
9	0,44
10	0,41

После нахождения и исключения грубых ошибок в исследуемой выборке можно приступить к обработке экспериментальных данных.

Основные статистические величины, которые используются для обработки экспериментальных данных [25]:

- средняя арифметическая,
- лимиты,
- среднее квадратическое (стандартное) отклонение,
- коэффициент вариации,

- коэффициент корреляции,
- коэффициент статистические ошибки,
- критерий достоверности и другие.

Средняя арифметическая величина для большой и малой выборок выражается в тех же единицах, что и сам варьирующий признак, который подвергается изучению. Для альтернативных признаков – в процентах или долях единицы.

В малых выборках определение простой средней арифметической величины заключается в суммировании всех значений варьирующего признака и делении полученной суммы на число животных, составляющих эту выборку:

$$M = \sum \frac{x_i}{n}, \quad (2)$$

где x_i – значение признака;

n – число объектов выборки.

Для характеристики признаков, представляющих собой отношение двух варьирующих величин, проводят определение *средневзвешенной арифметической*:

$$M_{\text{взв}} = \frac{\sum x_i \cdot q_i}{\sum q_i}, \quad (3)$$

где $M_{\text{взв}}$ – значение признака;

q_i – объем (математический вес), при котором получена данная величина признака.

Внутри биологической совокупности не бывает полной однородности. Это свидетельствует о наличии изменчивости варьирующего признака. Количественным признакам свойственна большая изменчивость по

сравнению с качественными признаками. Различия между значениями вариантов иногда очень велики, иногда почти не заметны, однако имеются всегда. Средняя арифметическая и другие средние величины являются очень важными величинами, но явно недостаточными в статистической характеристике выборочной совокупности, так как любая группа неоднородна и особи, составляющие ее, имеют ряд отличий друг от друга. Эти различия иногда небольшие и малозаметные, а в других случаях они очень велики. Но средняя величина этого разнообразия особей в группе по изучаемому признаку не отражает совершенно.

В биометрии степень разнообразия в основном принято выражать тремя показателями: лимитами, средним квадратическим отклонением и коэффициентом вариации.

Лимиты (*lim*) – это максимальные и минимальные значения варьирующего признака, они вычисляются в абсолютных величинах [10].

Например, в двух группах имеется по 5 экземпляров рыб, живой вес которых представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Живой вес рыб, г

Группа №1	Группа №2
840	810
845	830
850	850
855	870
860	890
М = 850 г	М = 850 г

Средний вес рыб в группах одинаковый, но разнообразие их по живому весу в первой группе значительно меньше, чем во втором. Об этом свидетельствуют лимиты:

$lim_1 = 840$ и 860 (разность 20 г);

$lim_2 = 810$ и 890 (разность 80 г).

Лимиты показывают размах разнообразия, максимальное значение признака (живой вес, убойный выход и т.д.) и минимальное значение признака. Но лимиты не точно отражают степень разнообразия признака.

Например, представим две подопытные группы рыб по 10 экземпляров в каждой (таблица 4).

Таблица 4 – Живой вес подопытных рыб, г

Группа №1	Группа №2
400	400
412	445
418	445
430	445
435	445
435	445
455	445
457	445
473	445
490	445
480	490
$M = 445$ г	$M = 445$ г
$lim_{мин} = 400$	$lim_{мин} = 400$
$lim_{макс} = 490$ г	$lim_{макс} = 490$ г

Средние арифметические и лимиты в обеих группах одинаковы. Но в группе №1 все рыбы имеют различный вес, а в группе №2 – из 10 рыб у 8 одинаковый вес. Следовательно, степень разнообразия в группе №1 намного больше, чем в группе №2, но с помощью лимитов выразить это невозможно.

Поэтому, помимо лимитов, вычисляют основной показатель разнообразия – среднее квадратическое или стандартное отклонение от средней арифметической величины.

Среднее квадратическое отклонение в многочисленной литературе обозначается буквой σ (сигма).

Среднее квадратическое отклонение – это обобщающая характеристика абсолютных размеров вариации признака в совокупности. Выражается оно в тех же единицах измерения, что и признак (в метрах, тоннах, процентах и т.д.). Среднее квадратическое отклонение (S) является показателем надежности средней арифметической. Чем меньше среднее квадратическое отклонение, тем лучше средняя арифметическая отражает собой всю представляемую совокупность [15].

При расчете среднего квадратического отклонения при $n > 30$ пользуются формулой:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum(x_i - M)^2}{n}}, \quad (4)$$

где x_i – значение признака у каждого объекта в группе;

M – средняя арифметическая признака;

n – число вариантов выборки.

При расчете среднего квадратического отклонения при $n < 30$ пользуются формулой:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum(x_i - M)^2}{n - 1}}, \quad (5)$$

где x_i – значение признака у каждого объекта в группе;

M – средняя арифметическая признака;

n – число вариантов выборки.

Среднее квадратическое отклонение высчитывается с точностью на один знак большей, чем средняя арифметическая, и выражается в тех же, что и она, единицах.

Среднее квадратическое отклонение является основным показателем степени разнообразия значений признака в группе. Кроме того, оно используется для вычисления многих других показателей: коэффициента вариации, ошибки средней арифметической, коэффициентов корреляции и регрессии.

Использование среднего квадратического отклонения дает возможность судить о том, сколько и в каких пределах вокруг средней арифметической величины признака размещается особей по величине своего признака.

Показатели вариации. Под вариацией понимают такие количественные изменения величины исследуемого признака в пределах однородной совокупности, которые обусловлены перекрещивающимся влиянием действия различных факторов. Различают вариацию признака: случайную и систематическую. Анализ систематической вариации позволяет оценить степень зависимости изменений в изучаемом признаке от определяющих ее факторов.

Например, изучая силу и характер вариации в выделяемой совокупности, можно оценить, насколько однородной является данная совокупность в количественном, а иногда и в качественном отношении.

Случайная вариация – это та часть вариации, которая вызвана изменением неучтенных факторов и не зависит от признака-фактора, внесенного в основу группировки.

Для характеристики совокупностей полученных величин важно знать, какая вариация изучаемого признака скрывается за средним. Для характеристики признака используется ряд показателей.

Наиболее простой из них является размах вариации, который принято использовать при планировании исследования. Размах вариации – это разность между наибольшим и наименьшим значением признака в изучаемой совокупности:

$$R = x_{max} - x_{min} , \quad (6)$$

где x_{max} – наибольшее значение признака;

x_{min} – наименьшее значение признака.

Недостатком размаха вариации является то, что он не отражает отклонений всех значений признака.

Коэффициент изменчивости (разнообразия, вариации) представляет собой не что иное, как среднее квадратическое отклонение, выраженное в процентах от средней арифметической величины, и рассчитывается по формуле:

$$C_v = \frac{\sigma}{M} 100 , \quad (7)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение группы;

M – средняя арифметическая признака.

Коэффициент изменчивости служит для оценки уравненности варианта в обрабатываемых совокупностях и позволяет сравнивать относительное варьирование признаков, выражаемых в любых единицах измерения.

Если коэффициент изменчивости меньше 10 %, то изменчивость изучаемого признака в выборочной совокупности незначительная; при коэффициенте равным от 10 % до 20 % – изменчивость признака характеризуется как средняя; при коэффициенте больше 20 % – изменчивость признака значительная; если коэффициент изменчивости больше 33 % то, ставится под сомнение достоверность действия изучаемого фактора на

формирование анализируемого признака в опытной группе.

Коэффициент вариации может считаться вполне адекватным и объективным показателем, хорошо отражающим фактическое разнообразие совокупности независимо от абсолютной величины признака. Данный коэффициент был создан для унификации показателей изменчивости разных или разноразмерных признаков путем приведения их к одному масштабу. Практика показывает, что для многих биологических признаков наблюдается увеличение изменчивости (стандартного отклонения) с ростом их величины (средней арифметической). При этом коэффициент вариации остается примерно на одном и том же уровне.

При проведении выборочных наблюдений возникает два рода ошибок:

а) организационные (ошибки методики, точности, типичности, ошибки внимания). Этого рода ошибки не могут быть устранены никакими методами математической обработки, и их стремятся свести к минимуму путем тщательного проведения исследований. В частности, чтобы выборка в наибольшей степени представляла генеральную совокупность, т.е. была типичной, то отбираются особи из всех частей этой генеральной совокупности;

б) ошибки репрезентативности, т.е. степени соответствия выборки генеральной совокупности. Этот род ошибок не связан с организацией и тщательностью проведения наблюдений. Источником их является сам метод выборки: целое (генеральная совокупность) характеризуется по одной части этого целого - выборке.

Ошибка средней арифметической рассчитывается по формуле:

$$S_M = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (8)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение группы;

n – число вариантов выборки.

Она вычисляется с точностью на один знак большей, чем среднее квадратическое отклонение, и на два знака большей, чем средняя арифметическая.

Ошибка средней арифметической показывает, в каких пределах находится истинная средняя величина, выраженная в процентах от средней величины:

$$S_M\% = \frac{S_M}{M} 100, \quad (9)$$

Ошибка средней арифметической показывает точность, с которой определена средняя величина и характеризует точность самого опыта:

- при $S_M\% < 2\%$ – точность отличная;
- при $S_M\% =$ от 2% до 3% – точность хорошая;
- при $S_M\% =$ от 3% до 5% – точность вполне удовлетворительная;
- при $S_M\% =$ от 5% до 7% – точность удовлетворительная;
- при $S_M\% > 7\%$ – точность неудовлетворительная.

Достоверность разницы между средними величинами. При исследовании необходимо определить, достоверной ли является полученная разница между двумя средними показателями выборок. Достоверность выборочной разницы измеряется критерием достоверности разности – t , которая рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{S_{M_1}^2 + S_{M_2}^2}, \quad (10)$$

где M_1, M_2 – средние арифметические сравниваемых выборок (при определении разности $(M_1 - M_2)$ из большей величины вычитывают меньшую, так как разница всегда положительная;

S_M – ошибки средних арифметических сравниваемых выборок.

Стандартное значение критерия достоверности определяется по таблице Стьюдента (таблица) для каждого порога надежности в зависимости от числа степеней свободы (f).

Число степеней свободы при $n_1 > n_2$ или $n_1 < n_2$ определяется по формуле:

$$f = (n_1 + n_2) - 2, \quad (11)$$

где n_1 и n_2 - количество вариантов в выборках.

Число степеней свободы при $n_1 = n_2$ определяется по формуле:

$$f = 2 \cdot n - 2, \quad (12)$$

Отношение числа благоприятных случаев к числу возможных в биометрии называют вероятностью. Максимально возможная степень вероятности - полное совпадение числа благоприятных и возможных случаев. Вероятность при этом принимается за 1 и составляет 100 %. В биологических исследованиях выделяют 3 порога вероятности (надежности) (таблица 5) [2].

1) Обычные требования к вероятности (первый порог вероятности или достоверности) - $P = 0,95$, т.е. надежность прогноза составляет 95 %.

2) Повышенные требования к надежности (второй порог вероятности или достоверности) при проверочных опытах - $P = 0,99$, т.е. надежность прогноза 99 %.

3) Высокие требования к надежности (третий порог вероятности или достоверности) при проверочных опытах - $P = 0,999$, надежность прогноза при такой степени вероятности 99,9 %.

В научных публикациях указывают не вероятность благоприятных случаев, а так называемый уровень достоверности полученных результатов. Уровень достоверности показывает вероятность, с которой проверяемая гипотеза может дать результат.

Таблица 5 – Стандартное значение критерия Стьюдента

Число степеней свободы (<i>f</i>)	Уровень достоверности (<i>P</i>)		
	0,05 (*)	0,01 (**)	0,001 (***)
3	3,2	5,8	12,9
4	2,8	4,6	8,6
5	2,6	4,0	6,9
6	2,4	3,7	6,0
7	2,4	3,5	5,3
8	2,3	3,4	5,0
9	2,3	3,3	4,8
10	2,2	3,2	4,6
11	2,2	3,1	4,4
12	2,2	3,1	4,2
13	2,2	3,0	4,1
14-15	2,1	3,0	4,1
16-17	2,1	2,9	4,0
18-20	2,1	2,9	3,9
21-24	2,1	2,8	3,8
25-28	2,1	2,8	3,7
29-30	2,0	2,8	3,7
31-34	2,0	2,7	3,7
35-42	2,0	2,7	3,6
43-62	2,0	2,7	3,5
63-175	2,0	2,6	3,4
176 и более	2,0	2,6	3,3

Уровень достоверности равный 0,05 соответствует вероятности 0,95, а уровень достоверности равный 0,01 соответствует вероятности 0,99 и уровень достоверности равный 0,001 соответствует вероятности 0,999.

Коэффициент корреляции. Термин корреляция дословно означает «соотношение». В биологии он применяется для обозначения связи между признаками. В живой природе значению одного признака соответствует не одно, а несколько значений другого признака, т.е. распределение их вокруг средней величины этого второго признака. Такая связь между признаками называется корреляционной, или частичной.

По форме различают корреляцию *прямолинейную* и *криволинейную*, а по направлениям – положительную и отрицательную (обратную). Под прямолинейной понимают такую корреляцию, при которой равномерное изменение одного признака сопровождается в среднем равномерным изменением второго признака при незначительных отклонениях от этой равномерности.

Если с увеличением одного признака второй тоже возрастает, такая корреляция называется положительной. Например, с увеличением длины тела рыбы увеличивается и живая масса рыбы - корреляция положительная. Когда с увеличением одного признака другой уменьшается, такая корреляция называется отрицательной. Например, с увеличением числа поросят в помете средняя живая масса одного поросенка при рождении уменьшается – корреляция отрицательная.

Степень прямолинейной корреляционной связи измеряется коэффициентом корреляции (r). Наивысшая степень корреляции принята за 1 (полная корреляция). Для интерпретации коэффициента корреляции применяют шкалу Чеддока (рисунок 37).

Значение коэффициента корреляции, равное нулю или близкое к нулю, говорит лишь об отсутствии прямолинейной связи, но не указывает на наличие или отсутствие криволинейной связи, которая при этом может быть тесной.

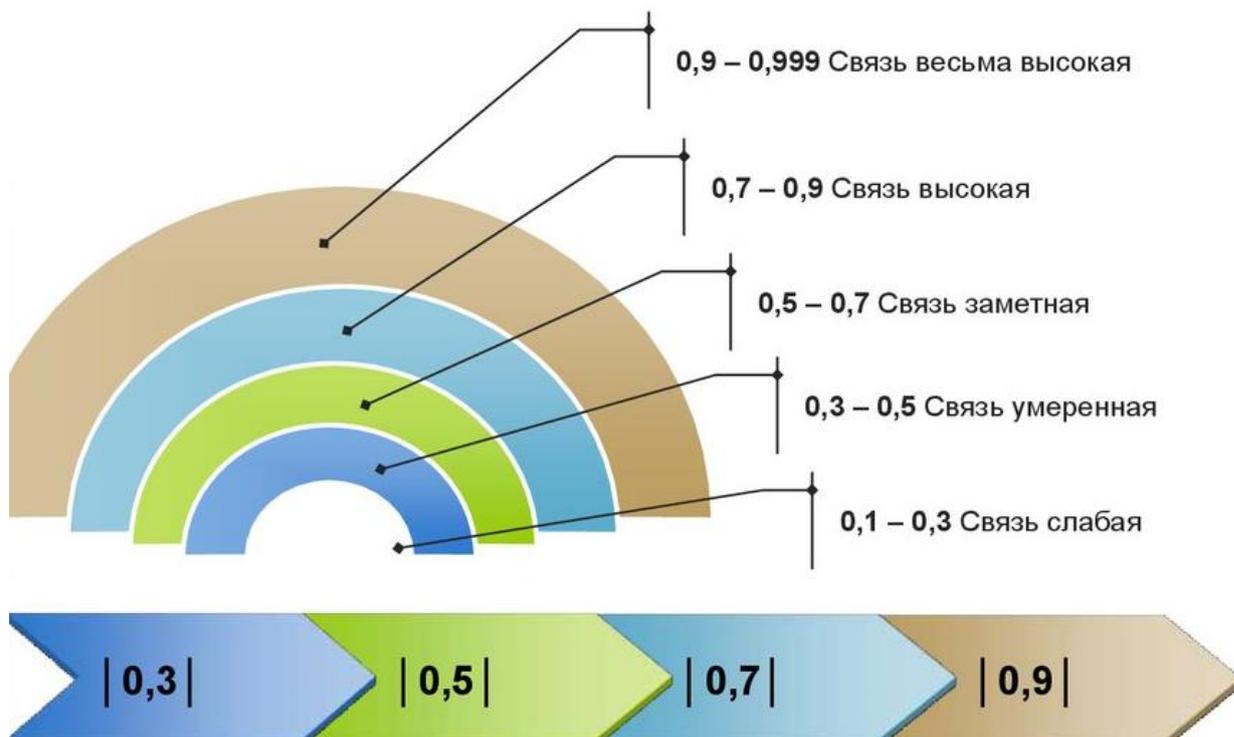


Рисунок 37 – Шкала Чеддока для интерпретации коэффициента корреляции

Коэффициент линейной корреляции Пирсона рассчитывают по формуле:

$$r = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}, \quad (13)$$

где x_i и y_i – коррелируемые признаки.

Более простым способом расчета коэффициента корреляции является использование программы Microsoft Excel.

Алгоритм действий:

- 1) Ввод данных в ячейки;
- 2) Выбор вкладки «Формулы» и «Вставка функции f_x » – из категории статистических функций выбираем «КОРРЕЛ» (рисунок 38);

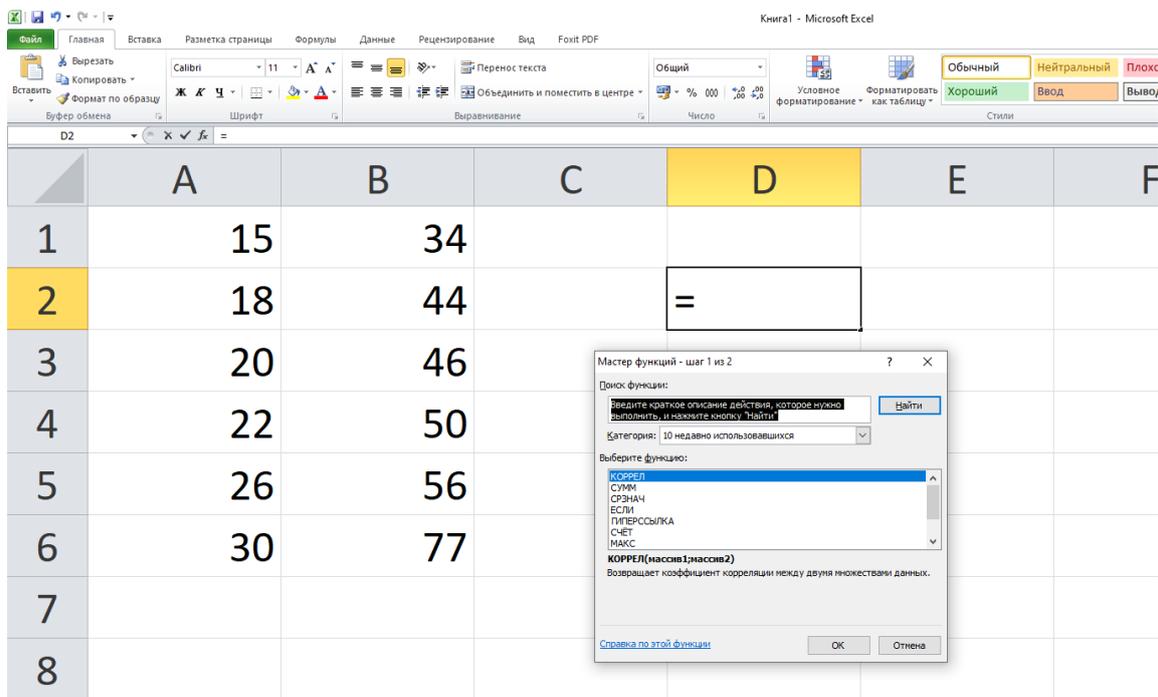


Рисунок 38 – Выбор вкладки «Формулы» и «Вставка функции f_x »

3) внесение массивов данных (рисунок 39);

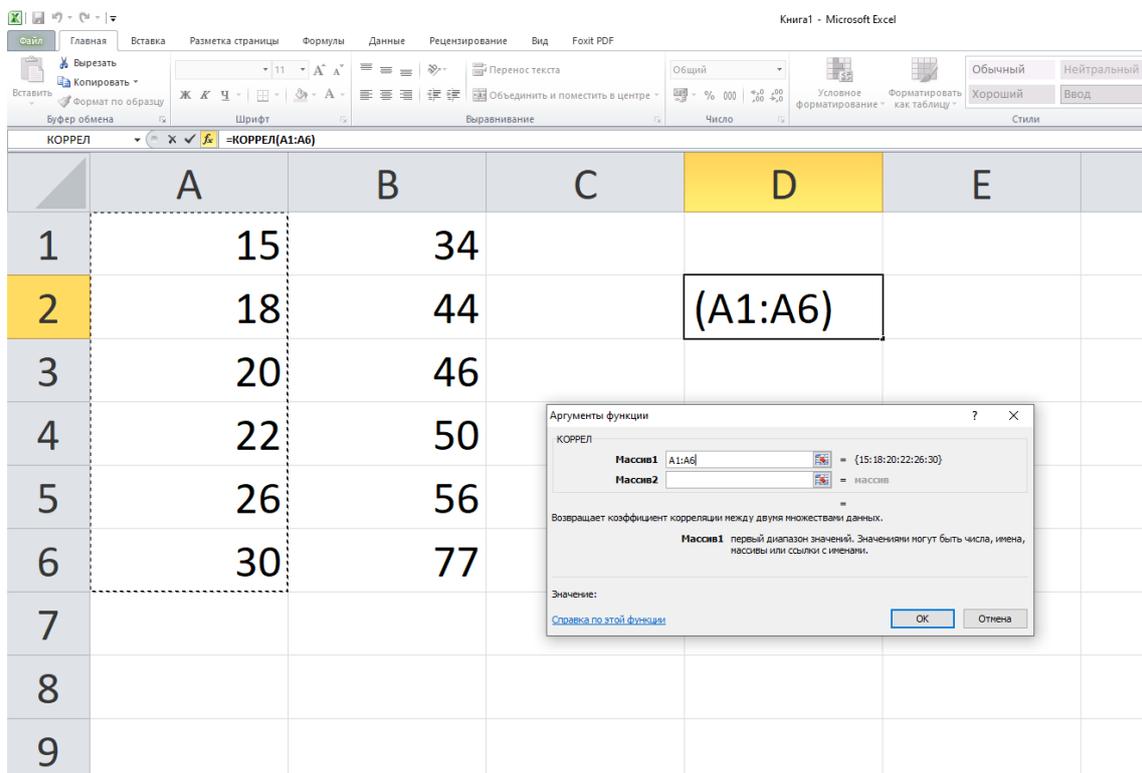


Рисунок 39 – Внесение массивов данных

4) расчет коэффициента корреляции (рисунок 40).

	A	B	C	D	E
1	15	34			
2	18	44		0,96752	
3	20	46			
4	22	50			
5	26	56			
6	30	77			
7					
8					

Рисунок 40 – Расчет коэффициента корреляции

Ошибка коэффициента корреляции при $n < 30$ рассчитывается по формуле:

$$m_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}, \quad (14)$$

где n – численность выборки, то есть число парных вариантов, по которым высчитан коэффициент корреляции.

Ошибка коэффициента корреляции при $n > 30$ рассчитывается по формуле:

$$m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}, \quad (15)$$

Коэффициент корреляции записывают рядом с его ошибкой: $r \pm m_r$.

Коэффициент регрессии. Коэффициент регрессии дает более широкую и конкретную информацию об изменении величин сопряженных признаков. Он находит широкое применение в генетических и селекционных исследованиях и используется для вычисления коэффициента наследуемости. С его помощью можно предвидеть конкретное изменение одних признаков в зависимости от изменения других.

Коэффициент регрессии при $n < 30$ высчитывается по формулам:

$$R_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \cdot \sum y_i}{n}}{\sum y^2 - \frac{\sum y^2}{n}}, \quad (16)$$

$$R_{yx} = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \cdot \sum y_i}{n}}{\sum x^2 - \frac{\sum x^2}{n}}. \quad (17)$$

где x_i и y_i – оцениваемые признаки.

Первая определяет величину x при изменении y ; вторая – величину y при изменении x .

Коэффициент регрессии при $n > 30$ высчитывается по формулам:

$$R_{xy} = r \frac{\sigma_x}{\sigma_y}, \quad (18)$$

$$R_{yx} = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}. \quad (19)$$

где σ_x – среднее квадратическое отклонение по первому признаку;

σ_y – среднее квадратическое отклонение по второму признаку;

r – коэффициент корреляции между признаками.

Для интерпретации связи между изучаемыми признаками в процентном выражении применяют показатель – коэффициент детерминации, который показывает, на сколько процентов изменение результативного признака обусловлено вариацией факторного признака или другими словами, насколько достоверно уравнение регрессии будет описывать данную связь. Вычисляется как квадрат коэффициента корреляции, выраженный в процентах:

$$D = r^2 \cdot 100 \quad (20)$$

5 Ошибки измерений и репрезентативности

Перед проведением планирования эксперимента необходимо определить, в ходе выполнения поисковых опытов, ошибки измерения и вычисления, которые зависят от соответствующих методов. В ходе статистического анализа можно выявить ошибки, которые принято делить следующим образом:

1) по стадии возникновения (рисунок 41):

- ошибки регистрации (ошибки измерения);
- ошибки репрезентативности (ошибки статистической обработки, вычисления);

2) по причинам возникновения:

- случайные ошибки;
- систематические ошибки.

Ошибки репрезентативности – ошибки выборочного наблюдения: чем больше объем выборки, тем меньше ошибка. Это связано с тем, что структура выборки может не совпадать со структурой генеральной совокупности, откуда производилась выборка.

При сплошном наблюдении ошибка отсутствует. Ведущая ошибка репрезентативности связана не с учетом неоднородностей при анализе нескольких выборок. Это приводит к проблеме не воспроизводимости и как следствие этому не сопоставимости полученных результатов.

Случайные ошибки при большом массиве информации не имеют направленности, взаимопогашаются и не искажают результаты анализа.

Систематические ошибки имеют определенную направленность, приводят к искажению результатов.



Рисунок 41 – Составляющие компоненты ошибки

Снижение ошибки выборки связано с требованиями, предъявляемые к информации [7]:

- достоверность – информация должна правдиво отражать явления и точно рассчитываться;
- воспроизводимость – результаты отдельных опытов должны иметь одинаковые дисперсии;
- сопоставимость – средние значения этих опытов должны совпадать, то есть быть соразмерными.

Ошибки исследования состоят из ошибок регистрации (измерения) и репрезентативности (обработки, вычисления). Ошибку регистрации можно

снизить посредством повышения класса используемого прибора, а репрезентативности – применением адекватных методов обработки полученной информации.

Установление и способы снижения ошибки измерения.

Биологические признаки варьируют под влиянием самых различных, в том числе и случайных, причин. Наряду с естественным варьированием на величине признаков сказываются и ошибки, неизбежно возникающие при измерениях изучаемых объектов. Опыт показал, что как бы точно ни были проведены измерения, они всегда сопровождаются отклонениями от действительного значения измеряемой величины, т.е. не могут быть проведены абсолютно точно. Ошибкой измерения называется разность между результатом измерения и действительно существующим значением измеряемой величины.

Ошибки возникают из-за неисправности или неточности измерительных приборов и инструментов (технические ошибки), личных качеств исследователя, его навыков и мастерства в работе (личные ошибки) и от целого ряда других, не поддающихся регулированию и устраняемости причин (случайные ошибки).

Технические и личные ошибки, объединяемые в категорию систематических, т.е. неслучайных ошибок, можно в значительной степени преодолеть, совершенствуя технические средства, условия работы и личный опыт. Эти меры позволяют свести размеры таких ошибок до минимума, которым можно пренебречь. Случайные же ошибки, как независимые от воли человека, остаются и сказываются на результатах наблюдений.

Метод вариационной статистики возник как метод борьбы с ошибками, поскольку все измерения, как бы тщательно они не были выполнены, дают неточное, а лишь приближенное значение.

Случайные ошибки могут быть следствием влияния большого количества разнообразных факторов на результат измерений, в том числе и биологической изменчивости. Эти ошибки не могут быть учтены и

устранены путем введения каких-либо поправок, так как они не определены по величине и знаку. Однако с помощью методов теории вероятности можно учесть их влияние на оценку истинного значения измеряемой величины.

Ошибки репрезентативности (вычисления) по аналогии с ошибками измерения так же зависят от случайных и систематических факторов. К систематическим ошибкам следует отнести выбор схемы проведения исследования и метода статистической обработки. Случайные факторы зависят от естественной изменчивости исследуемых признаков, которые определяются межгрупповой и внутригрупповой вариацией.

До проведения поисковых опытов, как правило, межгрупповая и внутригрупповая вариации выборки неизвестны. Поэтому основной задачей планирования эксперимента и есть оценка наиболее вероятного значения данных величин в ходе проведения и обработки результатов поисковых опытов.

Межгрупповую вариацию можно свести к минимальному значению при использовании прямых методов измерений и правильной группировки данных с целью формирования однородных выборок. Минимальность величины межгрупповой дисперсии является показателем эффективности планирования эксперимента.

В соответствии с методами обработки результатов все способы измерения можно разбить на два класса:

- измерения прямые, когда истинную величину измеряют непосредственно;
- измерения косвенные (опосредованные), когда истинная величина является функцией измеряемых величин (например, измерения температуры при помощи термометра).

При прямом измерении ошибка опыта равна ошибке отдельного измерения. В результате искомая величина находится прямо по показаниям измерительного прибора. Однако гораздо чаще измерения проводят косвенно, например, площадь водоема определяют по измерению длин его

сторон. Во всех этих случаях искомое значение измеряемой величины получается путем соответствующих расчетов. Поэтому при проведении косвенных измерений ошибка опыта равняется сумме всех ошибок измерения.

Так как измерения косвенные зависят от ряда прямых измерений, то при прочих равных условиях всегда выгоднее применять тот способ, при котором будет меньше косвенных измерений, а значит и меньше сумма ошибок.

Список использованных источников

1. Анализ состояния и перспективные направления развития аквакультуры / Н.А. Головина, Н.Н. Романова, П.П. Головин [и др.]. – М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2019. – 88 с.
2. Антонова, В.С. Методология научных исследований в животноводстве: учебное пособие / В.С. Антонова, Г.М. Топурия, В.И. Косилов. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2011. – 246 с.
3. Аринжанов, А.Е. Индустриальное рыбоводство в России и за рубежом: учебное пособие / А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Килякова. - Оренбург: ОГУ, 2018. – 143 с.
4. Бурлаченко, И.В. Современные направления научного обеспечения аквакультуры / И.В. Бурлаченко // Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире : материалы III научной школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвященной 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина, Звенигород, 15–21 апреля 2018 года / Под редакцией А.М. Орлова, И.И. Гордеева, А.А. Сергеева. – Звенигород: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2018. – С. 17.
5. Викторов, П.И. Методика и организация зоотехнических опытов / П.И. Викторов, В.К. Минькин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 112 с.
6. ВНИРО – 75 лет наблюдений, исследований, открытий. – М.: ВНИРО, 2009. – 422 с.
7. Горбунов, Л.В. Биометрия: учебное пособие / Л.В. Горбунов, Н.Ф. Клещев. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2014. – 160 с.

8. Зверев, А.А. Статистические методы в биологии: учебно-методическое пособие / А.А. Зверев, Т.Л. Зефирова. - Казань: КФУ, 2013. – 42 с.
9. Ивантер, Э.В. Введение в количественную биологию: учебное пособие / Э.В. Ивантер, А.В. Коросов. - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. – 302 с.
10. Камалдинов, Е.В. Методы обработки экспериментальных данных и математического моделирования процессов: учебное пособие, 2-е изд., доп. / Е.В. Камалдинов, С.Г. Куликова, М.Л. Кочнева. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2016. – 141 с.
11. Килякова, Ю.В. Культивирование нерыбных объектов: практикум / Ю.В. Килякова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов. - Оренбург: ОГУ, 2018. – 163 с.
12. Кожухар, В.М. Основы научных исследований: учебное пособие / В. М. Кожухар. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2010. – 216 с.
13. Колончин, К.В. Рыбохозяйственная и академическая наука - новый этап сотрудничества / К.В. Колончин, М.К. Глубоковский, А.И. Глубоков // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 181. – С. 8-15.
14. Конференция по вопросам развития аквакультуры в Российской Федерации. Материалы докладов / Под ред. М.К. Глубоковского – М.: Издательство ВНИРО, 2014. – 212 с.
15. Куликов, Л.В. Математическое обеспечение эксперимента в животноводстве. (2-е издание). / Л.В. Куликов, А.А. Никишов - М., Изд-во РУДН, - 2006. - 178 с.
16. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учебное пособие / Г.Ф. Лакин. - М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
17. Левашов, Д.Е. С именем «Книпович» на борту / Д.Е. Левашов // Рыбное хозяйство. - №1. - 2013. - С.37-42.

18. Липчиу, Н.В. Методология научного исследования: учебное пособие / Н.В. Липчиу, К.И. Липчиу. – Краснодар: КубГАУ, 2013 – 290 с.
19. Мазуркин, П.М. Основы научных исследований: учебное пособие / П.М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2006. – 405 с.
20. Макоедов, А. К 130-летию рыбохозяйственной науки / А. Макоедов // Родина. – 2011. – № 7. – С. 160.
21. Мартынова, Е.Н. Методология и методы научных исследований в животноводстве / Е.Н. Мартынова. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – 108 с.
22. Мышкин, И.Ю. Экспериментальная биология и биотехнологии: экспериментальная физиология: учебное пособие / И.Ю. Мышкин, О.А. Ботязова, Н.Н. Тятенкова. - Ярославль: ЯрГУ, 2018. – 140 с.
23. Новиков, Д.А. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи) / Д.А. Новиков, В.В. Новочадов. - Волгоград: Издательство ВолГМУ, 2005. – 84 с.
24. Пашкова, Т. Е. Юбилей звездного флага 85 лет на службе науке / Т. Е. Пашкова // Рыбное хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 39-41.
25. Современные методы научных исследований в животноводстве: Рекомендовано УМО РАЕ по классическому университетскому и техническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки: 36.03.02 – «Зоотехния», 36.04.02 – «Зоотехния», 36.06.01 – «Ветеринария и зоотехния» (протокол № 903 от «05» апреля 2021 г.). / Н. А. Маслова, О. Е. Татьяничева, А. П. Хохлова, О. А. Попова. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – 158 с.
26. Состояние и перспективы научно-исследовательских работ в осетроводстве / А.И. Николаев, И.В. Бурлаченко, Н.В. Судакова, Л.Г. Бондаренко // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития, Астрахань, 13–15 марта 2006 года. – Астрахань: Всероссийский

научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2006. – С.10-12.

27. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. – М.: ФГБНУ «Роинформагротех», 2019. – 68 с.

28. ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. - Рим: ФАО, 2020 – 223 с.

29. Федотова, А.В. Плавморнин и первый советский исследовательский корабль "Персей" в творчестве художника и моряка В.М. Голицына / А. В. Федотова // Общество. Среда. Развитие. – 2013. – № 1(26). – С. 220-224.

30. Четвертакова, Е.В. Теоретические основы селекции: методические указания к практическим занятиям / Е.В. Четвертакова. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2014. – 74 с.

Учебное пособие

Аринжанов Азамат Ерсаинович

Мирошникова Елена Петровна

Килякова Юлия Владимировна

Основы научных исследований в сфере аквакультуры

Подписано к использованию 27.06.2022

Объем 4,37 Мб

Тираж 100 экземпляров

Оренбургский государственный университет

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13