

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»

На правах рукописи

Коломейко Федор Викторович

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ
И ИХ ПРОМЫСЛЕ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО
МОНИТОРИНГА**

Специальность 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности) (технические науки)

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
Доктор технических наук, профессор
Сердобинцев Станислав Павлович

Калининград - 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА, ОБРАБОТКИ, АНАЛИЗА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И ПРОМЫСЛЕ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ.....	11
1.1 Анализ научных исследований и промысла водных биоресурсов как объекта автоматизации.....	11
1.2 Состояние автоматизации сбора информации в процессе научных исследований и промысла водных биоресурсов.....	26
1.3 Состояние автоматизации обработки и анализа информации, собираемой в процессе исследований и промысла водных биоресурсов.....	59
1.4 Анализ операций сбора и ввода информации в БД в процессе научных исследований и промысла ВБР.....	70
1.5. Постановка и обоснование задачи создания автоматизированной системы поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле.....	77
Выводы.....	81
ГЛАВА 2. ФУНКЦИИ, МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	82
2.1 Факторы, влияющие на пространственно-временное распределение водных биоресурсов и их учет в автоматизированной системе поддержки принятия решений.....	82
2.2 Структурно-функциональная модель системы.....	99
2.3. Алгоритмы обработки промысловой статистики, биологических и абиотических факторов среды в системе.....	114
Выводы.....	140
ГЛАВА 3. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	142
3.1. Информационные потоки в автоматизированной системе поддержки принятия решений.....	142
3.2 Программное обеспечение системы.....	144
3.3 Техническая структура системы.....	153
3.4 Алгоритм проектирования автоматизированной системы поддержки принятия решений.....	156
Выводы.....	169
ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	170
4.1 Автоматизированное рабочее место АСППР.....	170
4.2 Реализация АСППР.....	179
4.3 Результаты работы АСППР.....	184
Выводы.....	191
ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ.....	192
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	195
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	196
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	209
Приложение А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: Информационно-справочная система АтлантНИРО.....	210
Приложение Б. Образцы данных, получаемых с измерительных приборов.....	211

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Рыбохозяйственный комплекс вносит важный вклад в национальную продовольственную безопасность страны. Для эффективной организации вылова водных биологических ресурсов большое значение имеет создание новых и совершенствование существующих методов изучения и прогнозирования состояния сырьевых ресурсов. Изучением рыбного промысла, планированием и прогнозированием его результативности занимались многие исследователи: Державин А.Н. [30]; Баранов Ф.И. [12]; Монастырский Г.Н. [75]; Никольский Г.В. [78]; Моисеев П.А. [74]; Засосов А. В. [34]; Дементьева Т.Ф [29]; Седых К.А. [104]; Доманевский Л.Н. [31]; Колесников В.Г. [42]; Бочаров Л.Н. [17]; Шунтов В.П. [129]; Beverton R. J. H., Holt S. J. [14, 135], Ricker W.E. [95] и др. В настоящее время для эффективного решения этих задач используются современные методы статистической обработки биологических и промысловых данных совместно с автоматизированными технологиями сбора, хранения, анализа, передачи данных и визуализации полученной информации о промысле, биологии объектов промысла и среды их обитания. Данные, собираемые во время научных исследований водных биологических ресурсов и их промысла, неоднородны, дискретны по времени и пространству, нестационарны, имеют широкий диапазон значений и обладают высокой размерностью, поэтому традиционных математических методов для анализа и прогноза этих данных не всегда достаточно. В этой области важна смысловая и логическая обработка информации и опыт экспертов. Необходимо также учитывать малоформализованные знания специалистов-практиков. В некоторых ситуациях логическая (или смысловая) обработка информации превалирует над вычислительной.

Методы сбора, обработки, анализа информации, представленные в работе, направлены на получение пространственно-временного распределения объектов промысла и создание автоматизированной системы поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле (АСППР). Особенно

актуальна разработка новых и совершенствование существующих направлений повышения автоматизации научных исследований и промысла водных биоресурсов, с учетом обеспечения рационального природопользования. И в этом важную роль могут играть системы поддержки принятия решений (СППР). В развитие современных СППР внесли значительный вклад такие ученые как: Аверкин А.Н. [3, 132], Батыршин И.З. [3], Курицкий Б.Я. [64], Ларичев О.И. [66, 67, 68], Поспелов Г.С. [86], Поспелов Д.А. [3, 87], Шапиро Д.И. [125], Simon Н. [153, 154], Newell А [154] и другие. СППР представляют собой информационные системы, создаваемые для поддержки человеческой деятельности, связанной с принятием решений по управлению технологическими процессами. К таким процессам относятся рыболовство и научные исследования водных биологических ресурсов (ВБР). В качестве лица, принимающего решение (ЛПР), может быть любой специалист, выполняющий анализ информации, предоставляемой СППР, и оказывающий влияние на выбор решения [84]. В их числе могут быть руководители организаций, эксперты, аналитики, капитаны рыбопромысловых судов, научные сотрудники и т.п. Разработанная АСППР направлена на помощь ЛПР по выбору оптимальных, научно обоснованных решений в управлении промыслом и исследованиями ВБР более эффективным путём.

Цель работы - разработка автоматизированной системы поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и управлении их промыслом на основе пространственно-временного мониторинга ВБР и факторов среды их обитания, для повышения результативности промысла и обеспечения населения пищевой продукцией из ВБР на основе рационального природопользования.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Провести анализ научных исследований и промысла водных биоресурсов, как объекта автоматизации, определить этапы этих технологических процессов, требующие внедрения или повышения уровня автоматизации, выявить недостатки существующих подходов в этом направлении.

2. Разработать структурно-функциональную модель автоматизированной системы поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле.

3. Разработать методику построения когнитивных моделей взаимодействия биотических и абиотических факторов как инструмента поддержки принятия решений в научных исследованиях и промысле водных биоресурсов.

4. Создать функциональную схему, структуру целей, алгоритмическое обеспечение АСППР для анализа и прогнозирования пространственно-временного распределения промысловых объектов и формирования рекомендаций и решений по управлению промыслом и исследованиями ВБР.

5. Разработать методику автоматизированного анализа временных рядов промыслово-биологических и абиотических данных с использованием сингулярного спектрального анализа/прогноза, и географической информационной системы (ГИС).

6. Разработать программное обеспечение АСППР для обработки и анализа результатов пространственно-временного мониторинга, которое, основываясь на базах данных и знаний, формирует рекомендации и решения по управлению промыслом и исследованиями ВБР.

7. Разработать проект технической структуры и алгоритм проектирования АСППР для организаций, занимающихся исследованием и промыслом ВБР, с учетом особенностей их функционирования и доступности данных пространственно-временного мониторинга.

8. Разработать методику внедрения и использования АСППР в организациях, занимающихся научными исследованиями и промыслом ВБР.

Объектом исследования являются технологические процессы научных исследований ВБР и их промысла, а также способы и методы автоматизации сбора, обработки, анализа информации, принятия решений в исследованиях и промысле ВБР.

Предметом исследования является совокупность теоретических и практических задач, связанных с созданием систем класса СППР для научно-

исследовательских и рыбодобывающих организаций, архитектура, информационное, программно-техническое обеспечение СППР и алгоритмы проектирования СППР.

Методы и средства исследования: теория автоматического управления, теория систем и системный анализ, теория множеств и нечетких множеств, методы когнитивного моделирования и нечеткой логики, методы математического моделирования, теория графов, теория принятия решений, теории вероятностей и математической статистики, корреляционного и регрессионного анализа, теории алгоритмов и языков программирования, теории баз данных и знаний, методология функционального моделирования и ГИС. Численная и графическая обработка результатов исследований производилась, как правило, с помощью программного обеспечения, созданного автором. В качестве системы управления базами данных (СУБД) использовались Microsoft SQL Server, PostgreSQL и MySQL.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности) (технические науки) (пункты 8, 15, 16, 20).

Научная новизна работы заключается в следующем:

Разработана автоматизированная система поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле, которая способствует повышению эффективности исследований и промысла ВБР за счет автоматизации сбора, обработки, анализа и использования разнородных данных пространственно-временного мониторинга на основе совмещения математического и когнитивного подходов для анализа количественных и качественных (экспертных) данных, а также сингулярного спектрального, интеллектуального (Data mining) и многомерного (технология OLAP) анализа данных.

Предложена методика построения когнитивных моделей взаимодействия биотических и абиотических факторов как инструмент поддержки принятия решений по управлению процессами научных исследований и промысла водных

биоресурсов на основе совместного использования экспертной информации и данных пространственно-временного мониторинга с применением интеллектуального (Data mining) и многомерного (технология OLAP) анализа, фашификации и дефашификации количественных и качественных данных.

Разработана функциональная модель и алгоритм проектирования АСППР для организаций, занимающихся промыслом и исследованием ВБР с учетом особенностей их функционирования и доступности данных пространственно-временного мониторинга.

Создана методика автоматизированного построения карт пространственно-временного распределения ВБР, включающая стадии последовательного применения сингулярного спектрального анализа, сингулярного спектрального прогноза временных рядов и функциональности ГИС. Методика предложена для использования в качестве дополнения к общепринятым методам прогнозирования уловов и распределения ВБР.

Практическое значение работы. Разработанный программно-технический комплекс АСППР направлен на обработку, анализ промыслово-биологических данных и построение географических карт распределения ВБР и факторов среды их обитания. АСППР обеспечивает возможность снижения непроизводительных затрат судов на поиск скоплений промысловых объектов за счет повышения автоматизации определения перспективного района промысла на основе априорной и текущей информации. Это в итоге может повлечь улучшение экономической доступности конечной пищевой продукции из водных биоресурсов для потребителя. Такая система может использоваться для разработки плана научных исследований ВБР и накопления знаний о них, анализа данных о среде обитания и её влиянии на ВБР с целью рациональной эксплуатации и сохранения запасов этих биоресурсов. Часть программно-технических модулей АСППР реализованы и используются для автоматизации научных исследований в Атлантическом филиале ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО») (далее - АтлантНИРО).

Предложенная программно-техническая структура системы и веб-интерфейс взаимодействия эксперта с АСППР обеспечивает подготовку данных и рекомендаций для ЛПР, на основе которых, он может выбирать эффективные варианты решений задач, возникающих во время промысла и исследований ВБР. АСППР предоставляет количественную и качественную оценку работы рыбопромысловых и научно-исследовательских судов, поддерживая мониторинг состояния среды и визуализируя гидрометеорологические и биологические процессы в промысловых районах океана. В предлагаемой концепции АСППР присутствует блок пояснений, который предназначен для предоставления по запросу пользователя последовательности логических выводов и рассуждений, которыми оперировала система в процессе поиска решений. Наличие такого блока позволяет использовать АСППР не только для поддержки принятия решений в научных исследованиях и промысле, но и как обучающую систему для экспертов и в учебном процессе вузов. АСППР ориентирована, прежде всего, на уровень принятия решений рыбодобывающих, обрабатывающих и научно-исследовательских организаций рыбохозяйственного комплекса. В деятельности федеральных и региональных органов власти такая система может служить дополнительным вспомогательным инструментом. Отличительная черта предлагаемого подхода к разработке и использованию АСППР - система не ориентирована на заранее определённые объекты и районы промысла, так как при соответствующей подстройке и наполнении её баз данных и знаний она может быть использована для поддержки принятия решений по широкому набору объектов и районов промысла.

Положения, выносимые на защиту.

1. Автоматизированная система поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле, которая обеспечивает повышение эффективности исследований и промысла ВБР за счет автоматизации сбора, обработки, хранения, анализа данных и использования результатов пространственно-временного мониторинга.

2. Методика построения когнитивных моделей взаимодействия биотических и абиотических факторов как инструмент поддержки принятия решений по управлению процессами научных исследований и промысла водных биоресурсов на основе совместного использования экспертной информации и данных пространственно-временного мониторинга с применением интеллектуального (Data mining) и многомерного (технология OLAP) анализа, фазификации и дефазификации количественных и качественных данных.

3. Методика автоматизированного построения карт распределения ВБР с последовательным применением сингулярного спектрального анализа/прогноза временных рядов и ГИС, позволяющая визуализировать распределение объектов промысла с заданными характеристиками.

4. Алгоритмическое и программное обеспечение АСППР, позволяющее преобразовать разнородные данные пространственно-временного мониторинга в единый поток информации и использовать его для формирования научно обоснованных рекомендаций при принятии решений по управлению процессами научных исследований и промысла ВБР.

Личный вклад автора заключается в обосновании и разработке алгоритмов анализа и обработки промыслово-биологической и гидрологической информации, создании баз данных (БД) и знаний (БЗ), программных средств для автоматизации сбора и анализа гидрологических, гидробиологических и промысловых данных, интерпретации полученных результатов, создании комплексных информационных систем. Представленные результаты работы являются итогом многолетних исследований, проведённых лично автором и при его непосредственном участии в 2000 - 2019 гг.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность полученных результатов подтверждается использованием методов системного анализа и теории принятия решений, экспериментальными исследованиями технологических процессов ввода, обработки, анализа научной и рыбопромысловой информации, проведенными во время научно-исследовательской деятельности АтлантНИРО, а также доказывается

результатами практического использования модулей АСППР в АтлантНИРО и материалов, подготовленных с использованием модулей, - в деятельности рыбодобывающих и рыбообрабатывающих организаций.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на коллоквиумах отдела «Региональный центр данных», Ученых советах и отчетных сессиях АтлантНИРО в 2000–2019 гг., заседаниях кафедры «Автоматизации производственных процессов» Калининградского государственного технического университета, всероссийских и международных (Калининград 2006, 2007, 2010, 2011, 2012, 2016, 2018, Мурманск 2004, 2006, 2008, Владивосток 2004, Ярославль 2007, Пенза 2011, Talcahuano – Chile 2007, Santiago - Chile 2008) конференциях. По теме диссертационной работы опубликована 31 научная работа, в том числе 6 - в изданиях, рекомендованных ВАК, получено два авторских свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и одно о государственной регистрации базы данных.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, заключения и выводов, списка литературы (160 источников, из которых 28 на иностранных языках). Работа изложена на 216 страницах, иллюстрирована 109 рисунками, содержит 30 таблиц и 2 приложения.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА, ОБРАБОТКИ, АНАЛИЗА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И ПРОМЫСЛЕ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

1.1 Анализ научных исследований и промысла водных биоресурсов как объекта автоматизации

Основой жизни и развития человечества является познание окружающего его мира, выяснение своего места в нём и определение взаимосвязей между собой и составными частями действительности и окружающей среды. Одним из важнейших инструментов, помогающих в этом, является научное познание мира, которое достигается путём научных исследований. Научное исследование – это вид человеческой деятельности, направленной на познание, результаты которого выступают в виде упорядоченной системы обоснованных утверждений, понятий, научных законов и теорий. Основными характеристиками научного исследования являются:

- обязательная целенаправленность, т.е. решение четко сформулированных задач, способствующее достижению осознанно поставленных целей;
- ориентация на поиск и открытие новых элементов окружающего мира и знаний о них, на новое освещение и описание известных явлений, процессов, предметов.

Строгая доказательность и последовательное обоснование сделанных обобщений и выводов - неотъемлемая сущность научного исследования.

Жизнедеятельность и познавательная способность человека невозможна без решения проблем стабильного и полноценного обеспечения его продуктами питания. Одним из направлений решения этой задачи является добыча и переработка водных биоресурсов (ВБР). Добыча или промысел ВБР называются также рыболовством. Согласно Федеральному закону 2004 г. N 166 в редакции 2019 г. «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» рыболовство — это деятельность по добыче (вылову) водных биоресурсов, приемке, обработке, перегрузке, транспортировке, хранению и выгрузке уловов

водных биоресурсов, производству рыбной и иной продукции из водных биоресурсов;

Из понятия рыболовства выделяется промышленное рыболовство. Промышленное рыболовство - предпринимательская деятельность по поиску и добыче (вылову) водных биоресурсов, по приемке, обработке, перегрузке, транспортировке, хранению и выгрузке уловов водных биоресурсов, производству на судах рыбопромыслового флота рыбной и иной продукции из этих водных биоресурсов согласно Федеральному закону от 20.12.2004 N 166-ФЗ (ред. от 06.03.2019) "О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов" [116]. Эффективность современного рыболовства с учетом рационального использования ВБР и сохранения среды их обитания возможно только на основе использования результатов соответствующих научных исследований. В свою очередь информация о результатах промысла, о практике применения управленческих решений, орудий лова, судов, способов добычи [36] и т.п. при организации вылова ВБР является одной из важнейших основ научных исследований. Повышение результативности промысла и исследований ВБР при снижении материальных и финансовых затрат, увеличение производительности труда, качества и доступности продукции из ВБР для населения, улучшение условий труда персонала возможно за счет повышения уровня автоматизации принятия управленческих решений и обеспечивающих технологических процессов — сбора, обработки, анализа, хранения соответствующей информации и получение новых знаний или уточнение существующих о взаимосвязях между элементами систем. Таким образом, современный промысел и соответственно обеспечение населения продуктами питания невозможны без научной основы и соответствующего обоснования промысловой и производственной деятельности.

В диссертационной работе предлагается рассматривать научные исследования и промысел ВБР как взаимосвязанные технологические процессы с точки зрения автоматизации соответствующих операций.

По мнению Росрыболовства [100] основополагающую роль в устойчивом развитии отечественного рыбного хозяйства играет отраслевая

рыбохозяйственная наука, одной из основных задач которой является оценка сырьевой базы рыболовства. На основе научных данных определяются состояние запасов и условия добычи водных биоресурсов, коммерческая привлекательность, разрабатываются технологии их переработки, а также решаются другие задачи, которые в конечном итоге способствуют долговременному и стабильному бережливому использованию водных биоресурсов России и других регионов. При промысле ВБР анализируются данные и осуществляется прогноз для определения перспективного района промысла на основе априорной и новой информации для максимизации прибыли рыбодобывающих и рыбообрабатывающих организаций и снижения непроизводительных затрат судов на поиск скоплений промысловых объектов. При этом необходимо решать задачи нахождения баланса между прибылями предприятий и обеспечением рациональной эксплуатации запасов водных биоресурсов. [56]

Промысел ВБР может рассматриваться на нескольких уровнях: Промысел - страна, Промысел-регион, Промысел - организация, предприятие/судно.

В работе обращается внимание, прежде всего на уровень Промысел - организация, предприятие/судно. В работе не рассматривается любительское рыболовство, а деятельность, основанная на аквакультуре рассматривается, как составная часть рыбного хозяйства. Для первоначальной оценки промысла и исследований как объекта автоматизации и для определения их взаимосвязей, отделения от других видов деятельности и в целом от внешней среды необходимо выделить их этапы/операции.

Для определения этапов технологического процесса промысла ВБР необходимо, прежде всего, проанализировать режим работы судов. При этом на содержание этапов значительное влияние оказывают цели осуществления промысла - научные или коммерческие, и зависит от типа промысла — океанического или прибрежного. Согласно Коровину В.П. [60] режимом работы судна называют порядок его работы, распределение времени на отдельные составляющие элементы. Время работы судна делится на эксплуатационное и внеэксплуатационным (ремонт, использование не по назначению). В среднем

эксплуатационное время составляет 65-80% годового календарного времени (Т), принятого за 100%. Эксплуатационное время делится на время нахождения в море и в портах. Время нахождения в море включает время пребывания на промысле, время, затрачиваемое на переходы от порта и обратно, на переходы с места на место (поиск объектов промысла) и т. д. В среднем по рыболовному флоту время пребывания в порту под грузовыми и вспомогательными работами составляет 5-9 % Т. Единственно производительным является время лова, которое обычно в российском флоте составляет 40-50 % всего календарного времени. Большое значение имеет правильная организация сдачи уловов в порту или на другие суда. Кроме этого, важно проанализировать режим работы судна во время лова, в результате можно установить причины снижения экономического эффекта, ликвидировать эти причины или уменьшить их влияние. Время, затраченное на поиски, занимает большую долю от процесса лова, иногда превышающую 50 %, и зависит от наличия современных поисковых приборов, опыта команды, вида лова и во многом от информационного, научного обеспечения. Однако, несмотря на постоянное совершенствование такого обеспечения, промысловые суда до сих пор тратят на поиски скоплений ВБР много времени.

На основании этого можно выделить следующие основные этапы (операции) промысла: планирование на основе априорной информации, опыта и знаний эксперта и лиц, принимающих решения (ЛПР), обслуживание судна, снабжение, выход на промысел, движение в район промысла, поиск скоплений ВБР. После нахождения скоплений ВБР начинается этап промысловых операций (траление, замет кошелька, установка ярусов или сетей, ловушек). После получения улова происходит его обработка - сортировка, заморозка, переработка, погрузка в трюм, в случае научного лова - отбор проб. Затем выгрузка готовой продукции (в случае необходимости) и повторение промысловых операций, или переход в порт и выгрузка. Как правило, перечисленные этапы циклично повторяются. Сообразно с этими выделенными этапами целесообразно составить обобщённую блок-схему технологического процесса организации и ведения промысла ВБР с точки зрения ЛПР (рисунок 1).

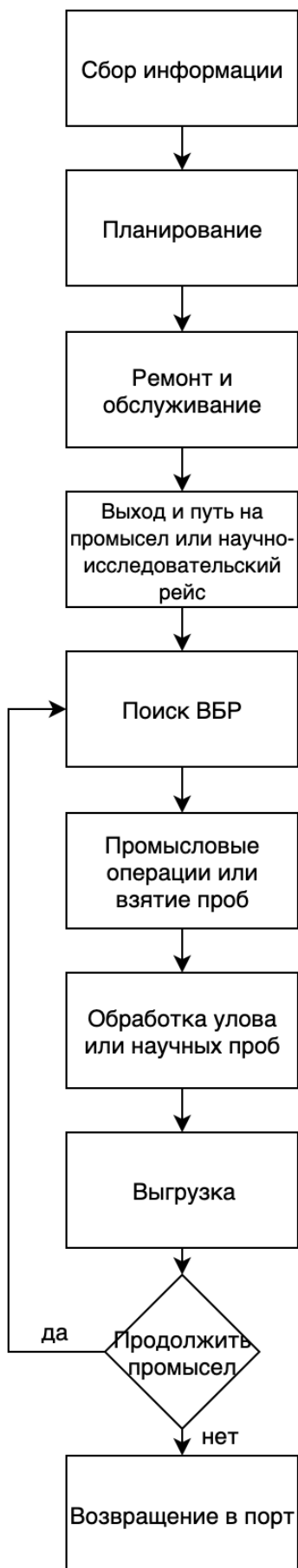


Рисунок 1 – Обобщённая блок-схема технологического процесса организации и ведения промысла ВБР с точки зрения ЛПП

Так как этап поиска занимает значительную часть времени, то необходимо уделять особое внимание автоматизации этого этапа. Это возможно только на основе повышения уровня информированности ЛПР о процессах, происходящих в экосистеме и повышения точности прогнозирования развития этих процессов.

В задачи диссертационного исследования входит рассмотрение возможности повышения автоматизации сбора, обработки, анализа научной информации о ВБР, среде их обитания и формирования рекомендаций о ведении промысла и планировании научных исследований.

Выполнение рыболовным флотом [32] промысловых операций, как правило, в условиях большой изменчивости в распределении ВБР под воздействием внешних факторов требует постоянного обеспечения ЛПР научной информацией. Основные задачи научно-информационного обеспечения промысла сводятся к следующему [131]:

- определение особенностей распределения ВБР в связи с условиями среды, подготовка прогнозов промысловой обстановки;
- ориентация промыслового флота на скопления, обеспечивающие максимальные уловы;
- подготовка рекомендаций по перемещению флота из района в район.

В Атлантическом океане и юго-восточной части Тихого океана задачи исследования ВБР и соответственно научного обеспечения промысла ВБР решаются научно-исследовательской организацией: Атлантический филиал ФГБНУ ВНИРО («АтлантНИРО»). В связи с тем, что автор имеет многолетний опыт работы в АтлантНИРО в области информатизации и автоматизации научных исследований и промысла ВБР, то в диссертационной работе описание способов сбора, обработки научных данных и повышения автоматизации будет основываться на знаниях, опыте автора и его личном вкладе в эти процессы. При анализе научных исследований ВБР как объекта автоматизации необходимо вначале выделить этапы этого вида деятельности. Любое конкретное научное исследование может быть представлено [22] в виде ряда этапов:

- Выбор темы исследования.

- Определение объекта и предмета исследования.
- Определение цели и задач.
- Разработка гипотезы.
- Составление плана исследования, работа с литературой и другими источниками (например, БД и БЗ).
- Выбор методов и организация условий проведения исследования.
- Проведение сбора материала во время исследования.
- Обработка результатов исследования и формулирование выводов.
- Оформление работы.
- Внедрение и применение результатов научного исследования.

Каждый этап имеет свои задачи, которые решаются как последовательно, так и параллельно. Этапы представим в виде обобщённой блок-схемы технологического процесса исследований ВБР с точки зрения ЛПР (рисунок 2).

Как правило, наиболее затратными в плане трудовых и временных ресурсов являются сбор материала и обработка результатов исследований. Следовательно, эти операции прежде всего требуют внимания для определения возможности сокращения трудовых и временных затрат за счет автоматизации этих процессов.

В диссертационной работе рассматриваются преимущественно прикладные научные исследования ВБР и среды их обитания, которые направлены на нахождение практических способов использования в деятельности человека научных знаний, являющиеся результатами фундаментальных исследований, прежде всего биосферы, гидросферы, атмосферы.

Для определения путей повышения результативности промысла и для рационального планирования и проведения исследований необходимо собирать, накапливать и анализировать их результаты. В виду взаимосвязанности процессов и операций планирования промысла и научных исследований таких как, например, определение времени выхода на промысел, района промысла, расчет необходимого количества биоанализов, гидрологических, гидробиологических станций, то две блок-схемы целесообразно объединить для более полного представления взаимосвязи описываемых технологических процессов и их

этапов/операций. Объединённая блок-схема процессов исследований ВБР и их промысла ВБР с учетом особенностей каждого этапа показана на рисунке 3.

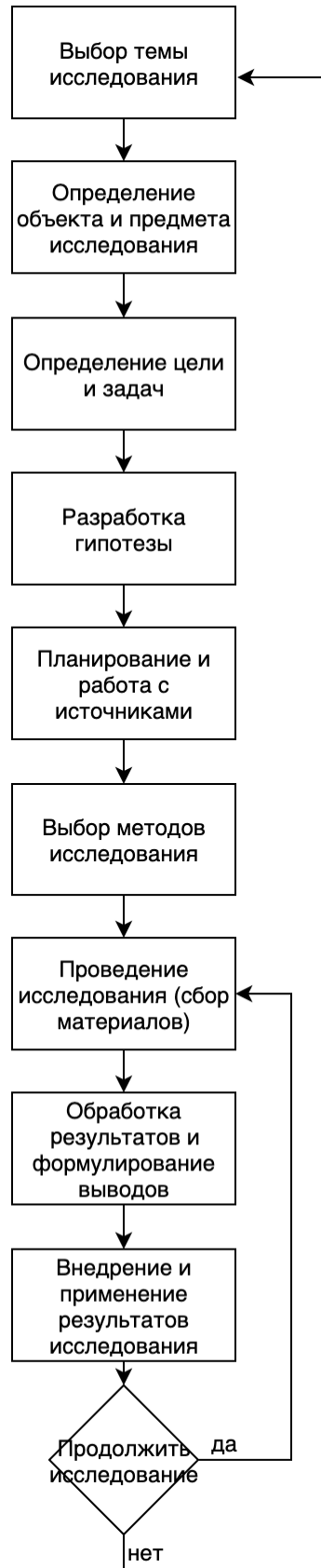


Рисунок 2 – Обобщённая блок-схема технологического процесса научных исследований ВБР с точки зрения ЛПР

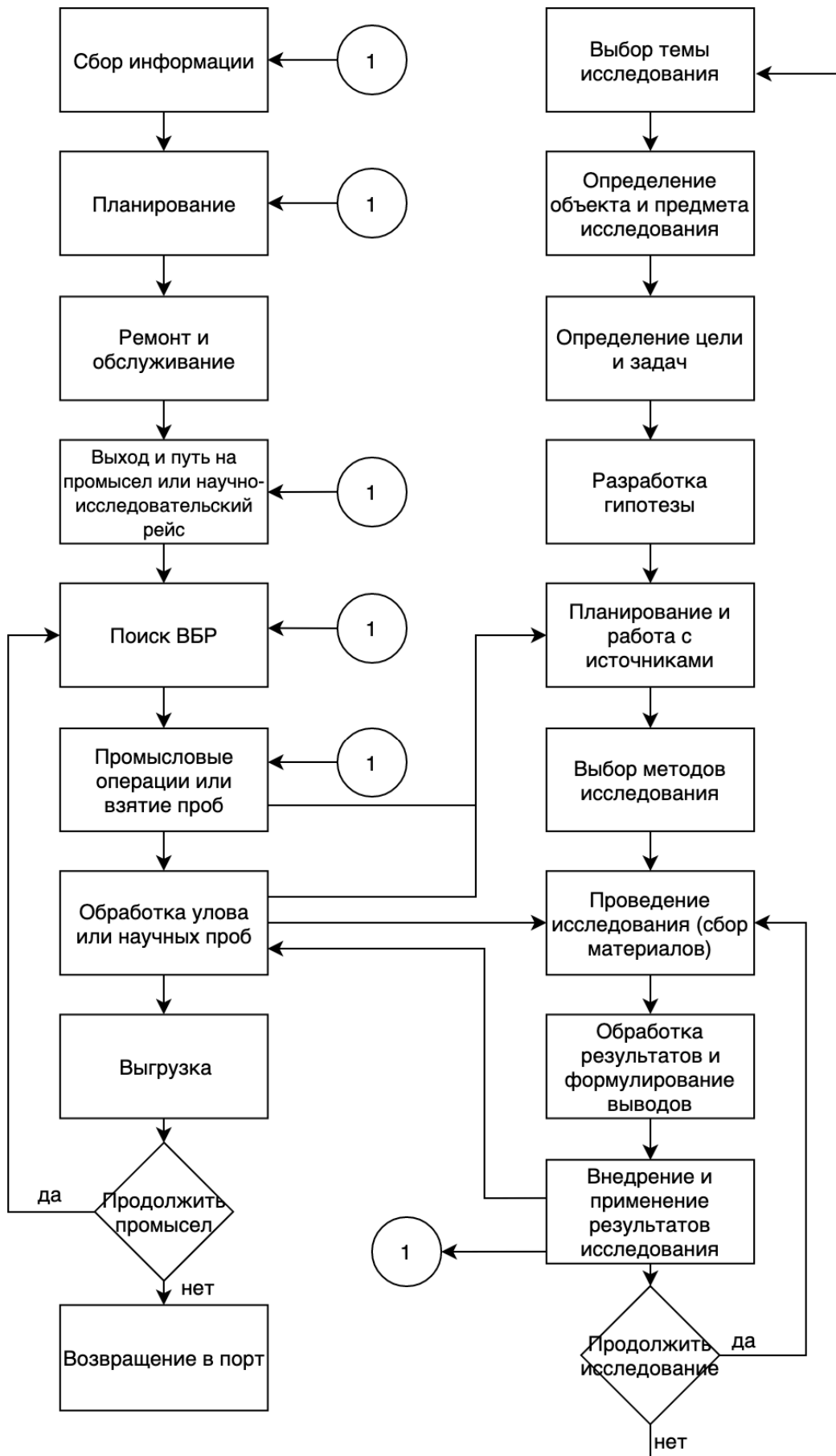


Рисунок 3 – Обобщённая блок-схема технологических процессов научных исследований ВБР и их промысла

Основной целью автоматизации является исключение непосредственного участия человека в управлении технологическими/производственными процессами, техническими объектами для повышения стабильности и качества их функционирования. В настоящее время автоматизация технологических процессов представляет собой одно из важнейших средств роста эффективности производства, интенсификации развития экономики.

Основной задачей при автоматизации промысла ВБР является обеспечение максимальных уловов и снижение затрат на обеспечивающие процессы (прежде всего на поиск скоплений ВБР).

Основной задачей при автоматизации научных исследований ВБР является сокращение длительности и трудоёмкости научных исследований, повышение их результативности.

Особенности промысла ВБР: сезонность, зависимость от погодных условий, сложность прогнозирования распределения и объёмов вылова ВБР в пространстве и времени без нанесения ущерба для воспроизводства популяций и окружающей среде.

Задачи автоматизации исследований решают автоматизированные системы научных исследований (АСНИ). В данном контексте АСНИ представляет собой информационную систему для автоматизации сбора данных, проведения экспериментов, построения моделей объектов, процессов и в целом научных исследований на основе соответствующего программно-аппаратного обеспечения. Рассмотрим главные особенности научных исследований, как объекта автоматизации. К ним относятся многогранность исследовательской деятельности, существенная роль человеческого фактора, высокий уровень априорной неопределенности хода и результатов исследования, непрерывность и уникальность процесса научного исследования, многообразие исследовательских задач. Опишем это подробнее по пунктам:

1. Многогранность исследовательской деятельности. Научные исследования включают в себя элементы разного характера: постановка научной задачи, разработка теории, моделирование, проведение эксперимента, обработка,

накопление и отображение научной информации, интерпретация результатов, принятие решений. И все эти различные стороны научной деятельности в неодинаковой степени поддаются формализации и автоматизации.

2. Существенная роль человеческого фактора. Человек остается главной, ключевой фигурой исследования и при наличии автоматизированной системы.

3. Высокий уровень априорной неопределенности хода и результатов исследования. Научные исследования всегда проводятся для получения некоторой новой информации о свойствах объекта исследований. Разработчики АСНИ вынуждены работать при дефиците априорной информации. Это одно из принципиальных отличий АСНИ от автоматизированных систем других классов (АСУТП, САПР). Данная особенность требует таких технических решений при создании АСНИ, которые позволяют сделать систему максимально гибкой, легко модернизируемой с учетом постоянно поступающей новой информации об объекте исследования.

4. Непрерывность процесса научного исследования. Это означает необходимость непрерывного развития, совершенствования соответствующей АСНИ.

5. Уникальность научного исследования. Каждое имеет определенные особенности, отличающие его от других аналогичных, поскольку иначе такое исследование уже не может относиться к категории научного.

6. Многообразие исследовательских задач.

В связи с уникальностью научных исследований каждая АСНИ, обладает специфическими чертами, присущими только ей в части технического, программного или научно-методического обеспечения. В исследованиях ВБР это, например, особенности сбора и обработки биологической информации, структура биологических баз данных. Автоматическое обращение из ГИС АтлантНИРО к информационным ресурсам ФАО, специально созданная программная процедура расчета индексов (биоразнообразия) Шеннона по глубинам, районам – это то, что, например, не нужно в системах АСНИ для ядерных или радиофизических исследований.

Подходы к созданию АСНИ использовались при разработке АСППР, так как АСППР реализует задачи АСНИ и включает функциональность таких систем. С точки зрения разработки АСНИ [120] многообразие исследовательских задач затрудняет использование стандартных решений, требуя учета специфических черт данного научного исследования. Анализ перечисленных основных черт научных исследований свидетельствует об их сложности как объекта автоматизации. Поэтому специалисты, решающие задачи создания, поддержки АСНИ, должны проходить соответствующее обучение, расходовать время на то, чтобы вникнуть в предметную область. АСППР создана с учетом возможности такого обучения экспертов, ЛПР.

Во время анализа промысла и исследований ВБР как объекта автоматизации необходимо провести постепенную формализацию описываемых этапов промысла и исследований, увеличивая детализацию сверху вниз. Одним из инструментов для этого служит методология функционального моделирования IDEF0 [40] и соответствующая графическая нотация, предназначенная для формализации и описания производственных и бизнес процессов. В рамках этой методологии моделирование начинается с создания единственной диаграммы верхнего уровня, на которой моделируемый процесс представляется единственным блоком. Декомпозиция этой диаграммы позволяет перейти к анализу и моделированию каждого этапа процесса. Тем самым реализуются методы системного анализа формализация и конкретизация, композиция и декомпозиция.

В стандарте IDEF0 стрелка входа приходит всегда в левую кромку функции (блока) и отображает данные или материальные объекты, которые преобразуются функцией в выход. Стрелка управления приходит в верхнюю сторону блока и отображает условия, при выполнении которых выход блока будет правильным, стрелка механизма – нижняя сторона, отображает механизмы, то есть средства, используемые для выполнения функции, стрелка выхода – правая сторона блока, отображает данные и материальные объекты, произведенные функцией.

Используя эту нотацию можно выявить и отобразить управляющие, возмущающие воздействия на процессы. IDEF-модель создается на основе рекомендаций по стандартизации «методология по функциональному моделированию» [40]. В результате анализа этапов технологических процессов исследований и промысла ВБР с учетом опыта участия автора в этих процессах, созданы структурно функциональные модели научных исследований и промысла ВБР. Базовая контекстная диаграмма научных исследований и промысла ВБР, обозначаемая А0, показана на рисунке 4.

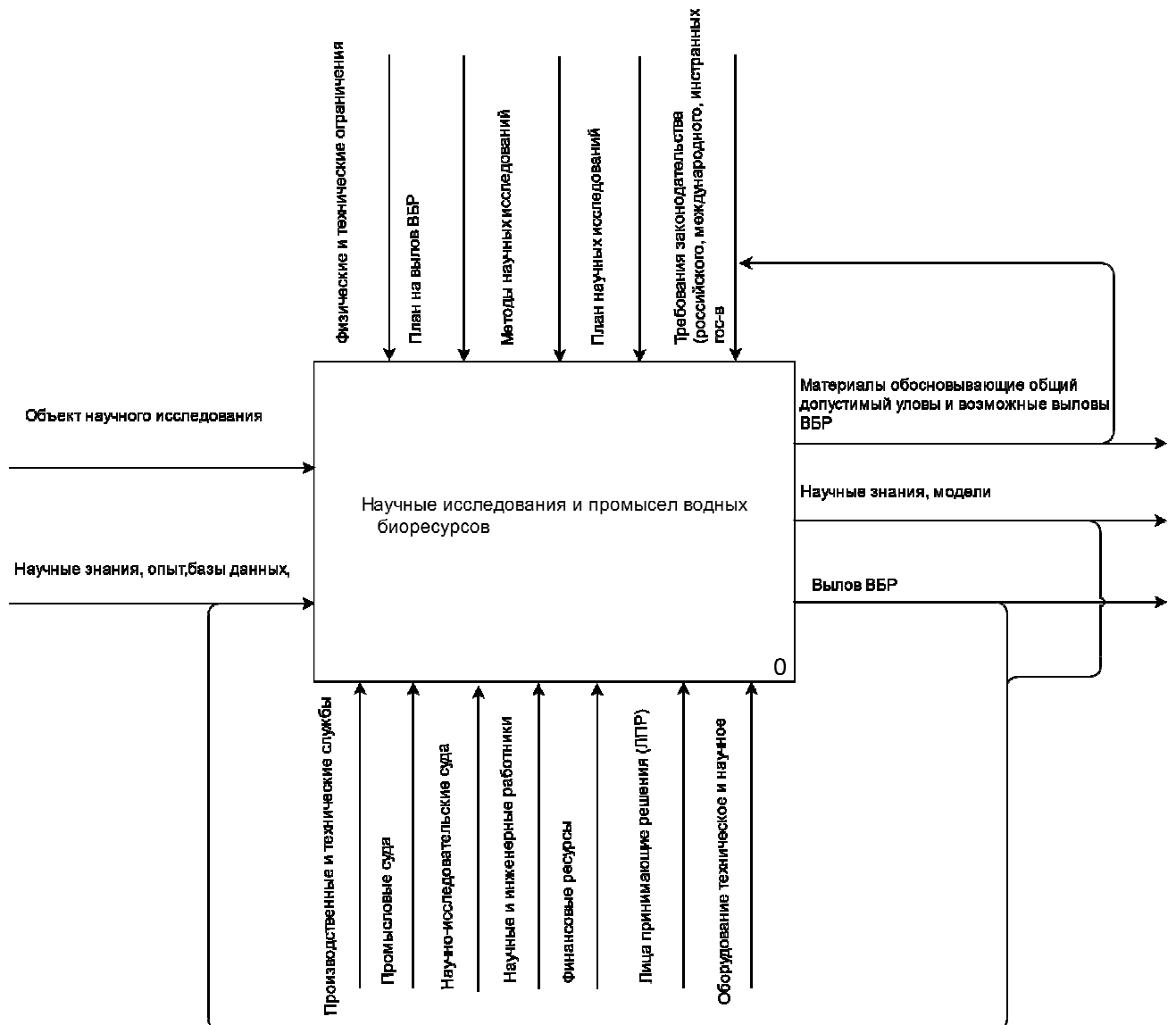


Рисунок 4 – Структурно-функциональная модель научных исследований и промысла ВБР с точки зрения ЛПР - контекстная диаграмма верхнего уровня А0

Для лучшего понимания контекстной диаграммы А0 [7] необходимо указание на то, с какой точки зрения она разработана, например, точки зрения

должностного лица или подразделения организации, с позиций которого создается модель, и цель, для достижения которой ее разрабатывают.

Осуществим декомпозицию контекстной диаграммы верхнего уровня A0, показанной на рисунке 4. Очевидно, что целесообразно её разбить на два блока (модели) на научные исследования и промысел ВБР (рисунок 5).

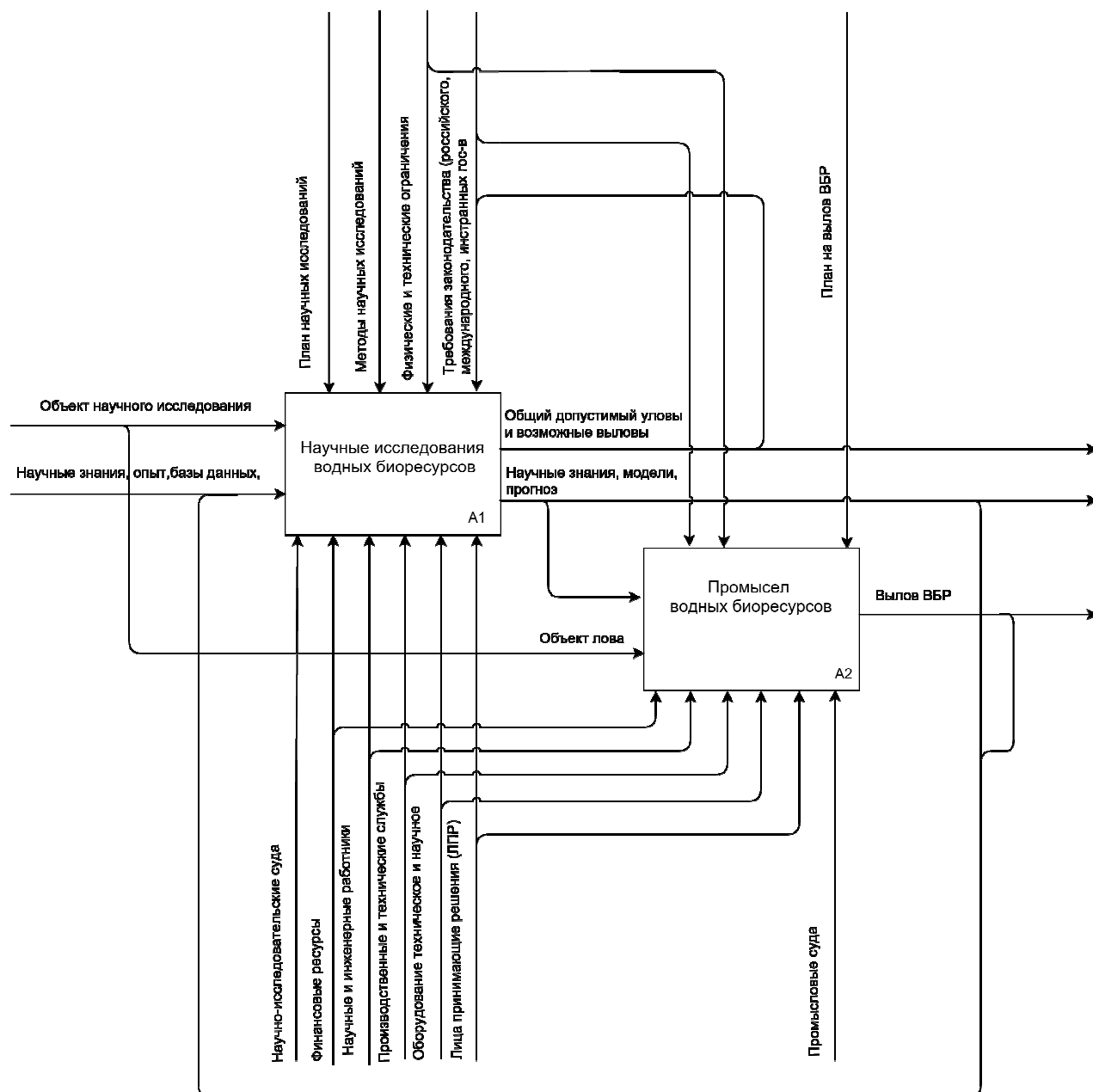


Рисунок 5 – Структурно-функциональная модель научных исследований и промысла ВБР с точки зрения ЛПР - результат декомпозиции контекстной диаграммы верхнего уровня A0

Указания на то, с какой точки зрения создана структурно-функциональная модель, помогают лучше понимать модель и эффективно управлять её

разработкой. Точка зрения определяет, что можно увидеть в пределах контекста модели. Изменение точки зрения может приводить к рассмотрению других особенностей процессов. Структурно-функциональные модели, показанные на рисунках 4 и 5, созданы с точки зрения ЛПР. Наиболее важные свойства процесса обычно выявляются на верхних уровнях иерархии; по мере декомпозиции функции верхнего уровня и разбиения ее на подфункции, эти свойства уточняются. Дочерняя диаграмма (рисунок 5), созданная при декомпозиции, охватывает ту же область, что и родительский блок, но описывает ее более подробно. В результате декомпозиции структурно-функциональной модели промысла и научных исследований ВБР с точки зрения ЛПР получено две взаимосвязанные модели соответствующих технологических процессов.

Согласно созданной структурно-функциональной модели, отображающей структуру и функции процессов, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемые этими функциями - промысел и научные исследования взаимосвязаны. Научные знания, накопление соответствующей информации и создание на их основе модели, являются определяющими для реализации поставленных целей в рыболовстве и исследованиях ВБР. Большое значение для принятия решений в этих процессах имеет наличие информации о ВБР и среде их обитания, которая собирается и обрабатывается на основе соответствующих методов. Для понимания особенностей и сложностей получения информации, возможностей повышения эффективности её сбора, необходимо подробно рассмотреть существующие и возможные методы сбора и обработки данных. Далее описание методов сбора и обработки таких данных будет основано, прежде всего, на подходах, существующих в Атлантическом филиале ФГБНУ «ВНИРО» (АтлантНИРО) и многолетнем опыте работы автора в рыбохозяйственной науке.

1.2 Состояние автоматизации сбора информации в процессе научных исследований и промысла водных биоресурсов

Современное обеспечение промысла водных биоресурсов базируется на знаниях, полученных в результате многолетних наблюдений и исследований. Для промысла значимы сведения о динамике водных масс, температуре поверхности океана, атмосферном давлении, состоянии запасов ВБР, особенностях распределения и закономерностях образования скоплений ВБР. Успешная реализация этапов научных исследований и промысла невозможна без соответствующего информационного обеспечения и повышения автоматизации сбора и обработки данных о ВБР. Информационное обеспечение в последние годы претерпевает качественные изменения. На это повлияло сокращение возможности использования специализированных научно-поисковых судов, способных вести комплексный сбор океанологической и биологической информации, а также прогресс в коммуникационной технике, возможность получения и передачи больших объёмов данных посредством спутниковых каналов связи, сети Интернет [54, 55]. В этой главе мы не будем подробно останавливаться на методиках сбора информации с точки зрения биологов, океанологов и промысловиков. Например, не будем описывать на какую глубину необходимо опускать планктонные сети, или анализировать методы изменения селективности орудий лова. Здесь мы остановимся на методах сбора промыслово-биологической, гидрологической, гидробиологической информации с точки зрения аккумуляции её в различных видах для последующей автоматизированной обработки и анализа. В настоящее время такое накопление информации происходит, как правило, в электронном виде посредством сохранения в базах данных и знаний. При сборе данных требуется учитывать необходимость компромисса между пространственным масштабом, регулярностью, оперативностью, точностью получения информации, растущим объёмом данных, их качеством и наглядностью представления информации.

Для обеспечения исследований ВБР соответствующей первичной информацией необходимо собрать и обработать данные о состоянии среды, биологическом состоянии объектов промысла. Для этого существуют соответствующие методы и подходы [122]:

- использование различных видов оперативных данных систем и средств дистанционного зондирования поверхности океана в видимом, инфракрасном и СВЧ-диапазонах длин волн;
- сбор оперативных данных контактных измерений параметров океана, осуществляемых с научных, рыбопромысловых судов и данных океанологических буев;
- получение карт распределения параметров среды - измеряемых и производных от них;
- обеспечение промыслового флота и ЛПР информацией, получаемой с помощью сервисов сторонних организаций, собирающих данные наблюдения за состоянием океана и атмосферы (Росгидромет, Роскосмос, РАН, МО и др.), в рамках межотраслевых программ и проектов (ЕСИМО, «Мировой океан»), а также из иностранных источников (NOAA, ESA, NCAR и др.).

На основании вышеперечисленного можно составить обобщённую схему сбора информации о ВБР и их промысле (рисунок 6).

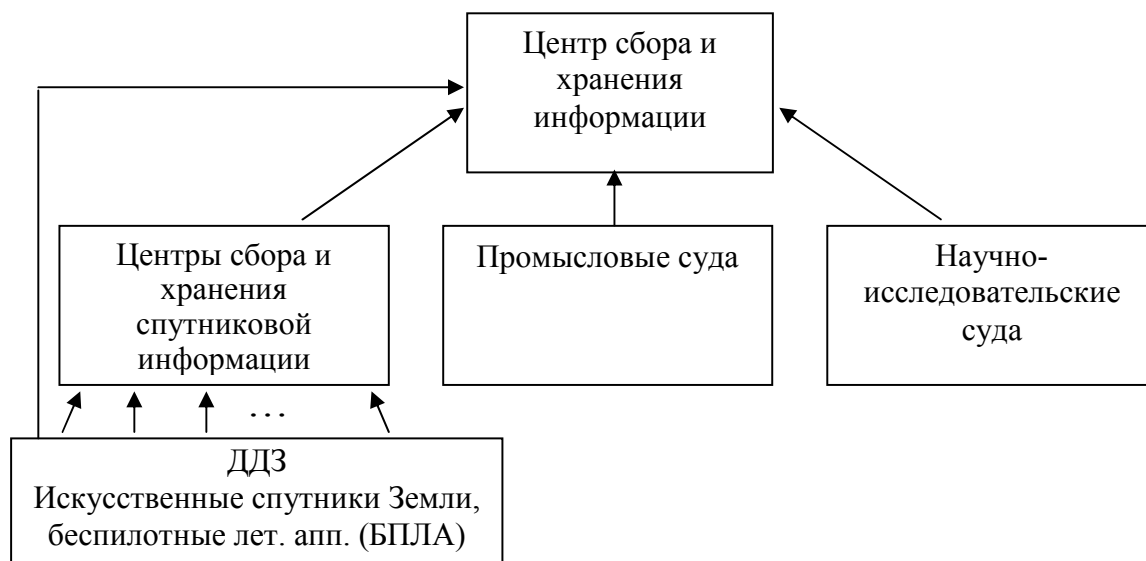


Рисунок 6 – Обобщённая схема сбора информации о ВБР и среде их обитания

Таким образом, промыслово-биологическая информация и сведения о состоянии среды обитания ВБР, которые могут быть использованы для поддержки принятия решений в научных исследованиях и управлении рыбным промыслом, в основном поступают из следующих источников: центров сбора и хранения данных дистанционного зондирования земли (ДДЗ); промысловых судов; научно-исследовательских судов.

С промысловых судов информация может поступать в виде автоматически формируемых данных географического позиционирования, а также отчетов о промысловой деятельности или в виде научных данных, собираемых научными наблюдателями на промысле. Отчеты о промысловой деятельности представляют собой набор промыслово-статистических показателей из «Отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов» (ОСМ). ОСМ создана на основании постановления Правительства Российской Федерации от 26 февраля 1999 г. № 226 в целях обеспечения экономической безопасности Российской Федерации, рационального использования, изучения запасов и сохранения ВБР [88].

Информация о промысловой деятельности поступает с судов в виде судовых суточных донесений (ССД), содержащих сведения о местонахождении судна на отчетный момент, об объемах добычи по объектам и районам промысла, о выпуске готовой продукции по видам обработки и изготовления, о количестве этой продукции на борту, а также множестве других сведений, касающихся производственной деятельности. Указанная информация передается с судов по каналам спутниковой и радиосвязи в региональные информационные центры (РИЦ) Федерального государственного бюджетного учреждения "Центр системы мониторинга рыболовства и связи", откуда передается пользователям системы для последующего анализа и использования. Непосредственно в научно-исследовательскую или рыбопромысловую организацию ССД на данный момент поступают через соответствующий Информационный узел или посредством электронной почты. Хотя ещё несколько лет назад встречались ситуации, когда

информация с промысловых судов, в том числе от научных наблюдателей, поступала в заинтересованные организации в бумажном рукописном виде.

Список параметров промысловой деятельности, которые поступают в ССД, обширен и состоит из множества взаимосвязанных таблиц. Приведём только список полей (таблица 1), содержащихся в таблице “Catch” (Вылов).

Таблица 1 –Таблица ССД с параметрами вылова

№	Наименование поля	Данные
1	id ves	Код судна
2	date	Отчетная дата
3	id region	Код района промысла
4	id fish	Код объекта промысла
5	catch volume	Вылов за сутки, тонн
6	catch volume total	Накопительный вылов, тонн
7	id regime	Код режима промысла
8	permit	Номер разрешения на промысел
9	id own	Код судовладельца

В последнее время со стороны государственных органов предпринимаются активные действия по стандартизации и увеличению контроля за процессом формирования и передачи ССД и другой рыбохозяйственной деятельностью. Для этого ведутся работы по внедрению “Электронного промыслового журнала”. Он разработан на платформе «1С:Предприятие 8» и является программным продуктом, который устанавливается на судовые компьютеры. Накопленные данные передаются через системы спутниковой связи, установленные на судне (“Гонец”, VSat, Inmarsat и пр.)[130].

Помимо ССД с некоторых промысловых судов может поступать информация, собираемая научными наблюдателями [83]. Основной целью научного наблюдения является сбор и проверка научной информации, необходимой для оценки состояния биоресурсов региона и оценки воздействия промысла на популяции ВБР. Научные наблюдатели решают следующие задачи:

- сбор статистических данных о промысле;
- сбор данных по биологическим характеристикам целевого вида промысла и видов прилова;

– описание техники добычи, конструкции орудий лова и технологии переработки.

Ранее наблюдатели фиксировали собранную информацию в бумажных журналах, в последние годы для автоматизации этой работы и переводу данных в электронный вид, при участии и руководстве автора разработан и продолжает совершенствоваться программный модуль «Enterform» для автоматизированного перевода промыслово-биологической информации (траловых карточек, биологического анализа, массовых промеров рыб) в электронный вид. Интерфейс указанного модуля показан на рисунке 7. Модуль предназначен для использования также и инженерами БД на берегу для перевода ретро-информации с бумажных носителей в электронный вид.

The screenshot shows the 'Enterform' software interface. At the top, there are input fields for trip details: 'Позывной' (ЮБАЮ), 'Номер рейса' (13), 'Код района' (3400), 'Год' (2018), 'Мес' (12), 'День' (9), and 'Орудие лова' (3274). Below this, there are fields for 'Ширина начальная' (41.6), 'Долгота начальная' (17), 'Ширина конечная' (21), 'Долгота конечная' (17), 'Глубина Нач' (91), 'Глубина Кон' (96), 't на поверх.' (182), 't на гор. лова' (0), 'Грунт' (9999), and 'Общий улов (кг)' (65000). A summary line shows '2018 / 12 / 9 ТРАЛ 1 Ширина 21 41.6 N Долгота 17 23.2 W Общий улов (кг) 65000'. The main table lists hauls with columns: VESSEL, CRUISE_N, REGION, YEAR, MONTH, DAY, GEAR_CODE, LENGTH_WIR, SIZE_CDD, SIZE_CHAF, HAWL_HORIZ, HAWL_VER. Below the table, there are summary statistics: 'Суммарные значения: процент 100 Вылов: 65000'. A section for 'Суммарный вес пробы' shows '39.91' and 'Выч. % прбы'. At the bottom, a table lists species and their catch data:

PERCENT	WEIGHT	TOTAL	SIZE_MIN	SIZE_MAX	MODA	ВЕС_УЛОВ	КОЛ_ВО	OBJ_CODE	НАИМОВ
0.5262	0.21	3	0150	0170	0170	342.03	4886	14631403	Dentex macrophthalmus
0	0	0	0410	0410	0410	1.03	1	14631406	Dentex angolensis(poll)
0	0	0	0350	0350	0350	1.96	2	13100102	Mola mola
18.0656	7.21	61	0170	0280	0220	11742.64	99348	10932207	Trachurus trachurus
0	0	0	0320	0320	0320	0.7	1	14880902	Lagocephalus laevisgatus
0	0	0	0350	0370	0370	2.93	4	14910101	Auixis rochei
0	0	0	0520	0520	0520	3.26	1	15210701	Zeus faber(japonicus)

Рисунок 7 – Интерфейс модуля «Enterform» для научных наблюдателей, автоматизирующий перевод промыслово-биологической информации (траловых карточек, биологического анализа, массовых промеров ВБР) в электронный вид

Указанный модуль является частью Информационно-справочной системы АтлантНИРО (ИСС) [43, 50, 51, 103], но может функционировать отдельно от ИСС, что делает его легко переносимым без необходимости установки СУБД на

ноутбуки научных наблюдателей. Модуль постоянно совершенствуется с учетом опыта эксплуатации как на промысле научными наблюдателями, так и инженерами БД на берегу в научно-исследовательской организации. Так, в модуле автоматизирована процедура ввода биоанализов ВБР со сводных бумажных бланков, которые присутствуют в материалах рейсов до 80-х гг. XX в. В таких бланках (Рисунок 8) каждому размерному классу ВБР соответствует столбец, содержащий суммарное количество особей данного размера с определённой жирностью, стадией зрелости и наполнения кишечника. Для того чтобы сформировать записи, которые могут быть добавлены в БД «Биология океанических районов», необходимо введённый в электронный вид бланк разделить на записи по каждой особи отдельно. В процессе усовершенствования модуля эта процедура была автоматизирована.

Данные биологического анализа

Название судна НПС „Эврика“ № рейса 5 Дата 22 июля 1974 Район Юв.-Залив И
 Орудие лова Дожный трал „Бойневский“ № траля (дрейфа) 86 Глубина 153
 Вид рыбы Тасишиги тасишиги 930 12¹⁰

Размер, размерный класс	Количество		В том числе			Стадия созревания половых желез						Жирность									
	штук	%	юв.	самцы	самки	IV-V	IV (6)	IV-V (6)	V (6)	VI	VII-II	0	1	2	3	0					
						♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀						
30	5			3	2		1	2			2						1	2	2		3
31	3			2	1		1				1	1					1	1	1		2
32	3				3						2		1					1	2		1
33	5			3	2			1			2	1	1				1		3	1	
34	8			6	2		1	1			3		2	1					6	2	1
35	18			12	6		4				6	4	2	2			1	6	11		3
36	22			12	10		3	6	3		5	3	1	1			3	8	10	1	2
37	18			10	8		3	2	2		5	5		1			4	8	6		2
38	13			10	3		7	2	1	1	1						2	10	1		3
39	5			2	3		2	1		1				1				4	1		

Рисунок 8 – Сводный бумажный бланк биоанализов ВБР

Форма ввода биоанализов модуля ИСС со сводного бланка биоанализов показана на рисунке 9.

Рисунок 9 - Форма ввода биоанализов модуля ИСС со сводного бумажного бланка

Автоматизация ввода данных включает также автоматическую проверку введённых данных на корректность и выдачу пользователю соответствующего информационного сообщения.

В научно-исследовательских рейсах для целей фиксации собранной научной информации используется соответствующий модуль ИСС (рисунок 10).

Рисунок 10 – Модуль ИСС для ввода собранной в научно-исследовательском рейсе информации в электронный вид

Руководителем и одним из разработчиков ИСС является автор. С помощью этого модуля в БД добавляется ихтиологическая и промысловая информация. Также непосредственно в рейсе в электронном виде фиксируются основные данные океанологических и гидробиологических (в том числе ихтио-фито-зоопланктон) станций. После камеральной обработки, которая, как правило, проводится на берегу в лабораторных условиях, информация добавляется в БД.

В морских экспедициях выполняются следующие виды работ с гидробионтами:

- определение величины и видового состава улова; массовые измерения (промер); биологический анализ и анализ питания ВБР;
- сбор биологических материалов для последующей камеральной обработки возрастных проб, желудков рыб, проб на плодовитость, тканей рыб для гистологических и физиологических исследований, ихтиопланктонных проб и др.;
- паразитологические и ихтиопатологические наблюдения;
- мечение ВБР; сбор материалов по морфометрии и сбор фаунистических коллекций.

Объемы собираемого материала определяются соответствующими методическими рекомендациями [38, 39] и уточняются рейсовыми заданиями и в зависимости от возникшей в процессе работы задачи.

Ранее (почти до конца 90-х XX в.) вся информация, собранная наблюдателями и научной группой в научно-исследовательских рейсах, фиксировалась на бумажных носителях, т.е. в бумажных траловых карточках, палубных журналах биоанализов, массовых промеров, ихтио-фито-зоопланктонных журналах и т.п., затем фиксировалась как на бумажных носителях, так и в электронных файлах, теперь благодаря ИСС есть возможность информацию сразу заносить в БД и при необходимости распечатывать как бумажный документ. На рисунке 11 показана траловая карточка, заполненная в 1971 г. в научно-поисковом рейсе судна СРТМ-8004 (а) и сформированная в ИСС карточка (б) в научно-исследовательском рейсе СТМ Атлантида (2017 г.).

АтлантНИРО

Карточка тралового лова

Э-с. СРТМ-8004 рейс № 3 район Северное море квадрат 112-4

Станция 3 трал № 3 дата 12 ноября 1971 г.

Наименование и сила ветра NW/3E Волнение сильное Облачность 06 Темп. воздуха +2.5

Общий улов 10 ц (на глаз) 10.5 ц (взвешен) улов на час траления 5.25 ч

При взятии вэров на стопор Глубина по эхолоту во время траления При отдаче стопора

Время 12-22 Глубина 155 Грунт П.с.ок. Тип трала Длина вэров 24.6 м Проложит. лова 2 гас. Догота 00° 49.0' E

Время 14-18 Глубина 130 Грунт П.с.ок. Тип трала Длина вэров 3.2 узла Проложит. лова 2 гас. Догота 02° 07.0' E

Способ определения места Сметили

Курс ход с тралом 130-140

Задельи не было

Неполадки лова (заверт, разрыв) Трально лова криво.

Видовой состав улова

Виды рыбы	Состав улова %	штук	Размеры		станд. промеры лова	Преобладающая иица	степень наполнения желудка, треска
			вес г.	дл-ва мм			
1. хма	340 33,3%		357	25-42	31,69		
2. Мерлан	350 33,3%		340	28-54	41,32	III	Риско тралового лова
3. Тре еко	250 23,7%						
4. Салпа	60 4,7%						
5. Melva melba	1,12%						
6. 1-гола си-короно d	11,04%						
7. Trisopterus minutus	11,04%						
8. Raja batisk	11,04%						
9. Мерчиза	8,976%						

Привод морских животных не ст

а

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
КАРТОЧКА ТРАЛОВОГО ЛОВА									
«27» Ноябрь 2017 г.									
5	Судно	6	Рейс №	65	Район	34			
6	Трал №	149	Станция №	149					
7	Направл., сила ветра	30%	Волнение	330°/0.2 м	Облачность	#			
8	Т воздуха	22.6°C	Атм. давление	1020 мбар					
9	Общий улов (на глаз)	мз Общий улов (взвешен)							
12	При взятии вэров на стопор	Параметры траления				При сдаче стопора			
13	Время	0:15:00	Тип трала	РТ.ТМ.70/300	Время	0:45:00			
14	Глубина	82 м	Длина вэров	120 м	Глубина	76 м			
15	Широта	21°10.998'N	Скорость хода	3.7 узл.	Широта	21°12.702'N			
16	Долгота	017°23.502'W	Курс	30°	Долгота	017°22.500'W			
17	Т пов.	20.6°	Горизонт лова	25 м	Т пов.	20.6°			
18	Т гор.лова	17.9°	Продол. лова	0:30:00	Т гор.лова	17.9°			
20	Заделыв, неполадки лова (заверт, разрыв)				Неполадки отсутствуют				
Работы, проведенные с рыбой									
24	Вид рыбы	Массовый промер	Биоанализ	Возраст отол. чеш.	Плод-ть	Прим.			
25	Engaulis encrasicolus	200	0	0	0				
26	Pagellus belkottii(coupei)	1	0	0	0				
27	Phonace(Carcharias)gl	1	0	0	0				
28	Sarda pilchardus	188	50	30	0				
29	Schedophilus	1	0	0	0				
30	Scomber japonicus	144	0	0	0				
31	Trachurus trachurus	60	8	8	0				
32	Trachurus trachurus	39	50	10	0				
33	Trachurus trachurus								
42	Фиксация, прочие работы								

б

Рисунок 11 – Траловая карточка, заполненная в 1971 г. в научно-поисковом рейсе судна СРТМ-8004 (а) и сформированная в ИСС карточка из научно-исследовательского рейса 2017 г.

Для планирования и реализации автоматизации сбора информации, необходимо иметь список параметров, значения которых фиксируются во время исследований и промысла. Во время исследований ВБР набор собираемых параметров сильно зависит от объекта и района исследования, от соответствующих методик и целей конкретного исследования. Значения одних параметров представляют собой непрерывные величины, измеряемые объективным способом (длина, масса ВБР), другие параметры представляют собой исключительно дискретные величины и значения, которых во многом зависят от субъективного мнения исследователя. Так, например, при вскрытии ВБР происходит визуальное определение пола, стадий зрелости гонад, определение степени наполнения желудка и качественного состава пищи (в баллах), визуальное определение жирности особей, определение их возраста (или взятие проб на возраст). Также визуально определяется наличия экто- и

эндопаразитов. Это накладывает дополнительные сложности на повышение автоматизации сбора научно-промысловой информации. Набор собираемых параметров, диапазон их возможных значений очень широк, и приводить их все в данной работе не представляется возможным и целесообразным. Однако следует привести список заполняемых соответствующих форм или карточек и прилагаемых к ним кодификаторов информации. Это необходимо для понимания требуемых трудозатрат для повышения автоматизации сбора информации о промысле и ВБР.

Для стандартизации форм ввода данных в соответствующие БД и архивы в качестве основы целесообразно использовать инструкцию по заполнению унифицированных форм регистрации промыслово-биологических данных [81], которая содержит описание следующих форм:

- Карточки дрифтерного лова (форма 05), тралового лова (форма 06), ярусного лова (форма 07), кошелькового лова (форма 08);
- Карточка лова на свет (форма 09);
- Карточка проб бентоса (форма 10);
- Карточка неполного биоанализа головоногих моллюсков (форма 11);
- Карточки проб зоопланктона (форма 12), проб фитопланктона (форма 13), сбора ихтиопланктона (форма 14);
- Карточка биологического анализа рыб (форма 15);
- Карточка определения плодовитости и степени развития овоцитов (форма 16);
- Карточки анализа питания рыб (форма 17), определения возраста и темпа роста рыб (форма 18);
- Карточка массовых промеров уловов рыб и нерыбных объектов (форма 19);
- Карточка массовых промеров рыб и нерыбных объектов при выгрузке (форма 20);
- Карточки паразитологического анализа (форма 21), биологического анализа креветки (форма 22), биологического анализа криля (форма 23);
- Карточка полного биологического анализа головоногих моллюсков (форма 24);
- Карточка визуальных наблюдений (форма 25);

- Кодификатор промысловых районов, подрайонов, микрорайонов и зон (№ 01);
- Кодификаторы состояния поверхности моря (№ 02), горизонтальной видимости (№ 03), стадий развития льда (№ 04), форм льда (№ 05), грунтов (№ 06), типов крючков (№ 07), научных орудий лова (№ 09), неполадок промысловых и научных орудий лова (№ 10);
- Кодификаторы признаков зоопланктона (№ 13), форм клеток фитопланктона (№ 15), измерений длины рыб (№ 17), степени наполнения желудка пищей у рыб (№ 18), содержания жира на внутренних органах (№ 19);
- Кодификаторы степени переваренности пищи (№ 20), степени наполнения кишечника по отделам у рыб (№ 21), органов, тканей, жидкостей тела рыб (№ 22), степени наполнения желудка креветки (№ 23), степени наполнения желудка криля (№ 24), степени наполнения желудка кальмара (№ 25), степени наполнения цекума (у кальмара) (№ 26), стадий зрелости гонад рыб (№ 27).

В таблицах 2, 3 показана структура формы 15, которая была использована как основа для создания автоматизированной формы заполнения результатов биоанализов в АСППР.

Таблица 2 -Карточка биологического анализа рыб (форма 15) часть 1

Наименование	Пояснение
Позывной судна	Четыре русские буквы
Номер лова	Три цифры
Дата	
год	Две последние цифры года
месяц	Две цифры
число	Две цифры
Орудие лова	Четыре цифры по кодификатору №8
Код объекта	Восьмизначный. Объекта по кодификатору №11
Измеряемая длина	
L	Одна цифра по кодификатору №17
E	Одна цифра по кодификатору №17
Номер кодификатора стадий зрелости	Две цифры, указывающие номер используемого кодификатора стадий зрелости для данного объекта промысла (кодификатор № 27-42)
Координаты места взятия пробы	
широта	Четыре цифры (градусы и минуты) и латинская буква указания- N (северная) или S (южная)
долгота	Пять цифр (градусы и минуты) и латинская буква указания-W (западная) или F (восточная)
Номер рейса	Порядковый номер рейса судна
Код района	Восьмизначный код района по кодификатору №1

Таблица 3 -Карточка биологического анализа рыб (форма 15) часть 2

Номер особи	Три цифры
Длина	
L	Четыре цифры с точностью 1мм
E	Четыре цифры с точностью 1мм
Масса	
общая	Шесть цифр с точностью 1г.
Без внутренностей	Шесть цифр с точностью 1г.
Пол	Одна буква J-juvenus, F-самка, M-самец, I-intersex
Стадии зрелости(по овоцитам старшей генерации)	Две цифры. Основную стадию записывают цифрой стадии с добавлением «О». Переходное состояние-сочетание кодов смежных стадий. Кодификаторы №27-42
Масса гонад	Пять цифр с точностью 0,1г
Диаметр икры	
I порция	Три цифры с точностью 0,01 мм
II порция	Три цифры с точностью 0,01 мм
Наполнение желудка	Одна цифра в баллах по кодификатору №18
Жирность	Одна цифра в баллах по кодификатору №19
Масса печени	Пять цифр с точностью 0,01г
Масса пищевого комка	Пять цифр с точностью 0,01г
Возраст	Две цифры с точностью I год. Наличие или отсутствие прироста обозначается соответственно «+» или «-».

Следует учитывать, что для непрерывных значений параметров, собираемых во время научных исследований, таких как, например, длина рыбы проще организовать автоматическое измерение (чем для величин, значения которых определяются в зависимости от субъективной оценки исследователя). Однако и для таких параметров не всегда присутствует однозначность. Так, длина тела рыбы может быть измерена по нескольким методикам (типам), а значит, при создании БД необходимо предусмотреть поле с указанием типа измерения, которое должно быть связано с полем, содержащим длину рыбы.

При измерении длины рыб важно учитывать необходимость измерения нескольких типов длины тела (рисунок 12 [83]). Измеряются следующие длины:

- абсолютная длина (TL) – от кончика рыла до конца лучей хвостового плавника;
- длина до развилки хвоста (FL) – от кончика рыла до конца лучей в углублении развилки хвостового плавника;
- стандартная длина рыбы (SL) – от кончика рыла до конца чешуйного покрова или начала лучей хвостового плавника (по вертикальной борозде при изгибе хвостового стебля);

антеанальная длина – от кончика рыла до начала анального плавника, (SA=PAFL).

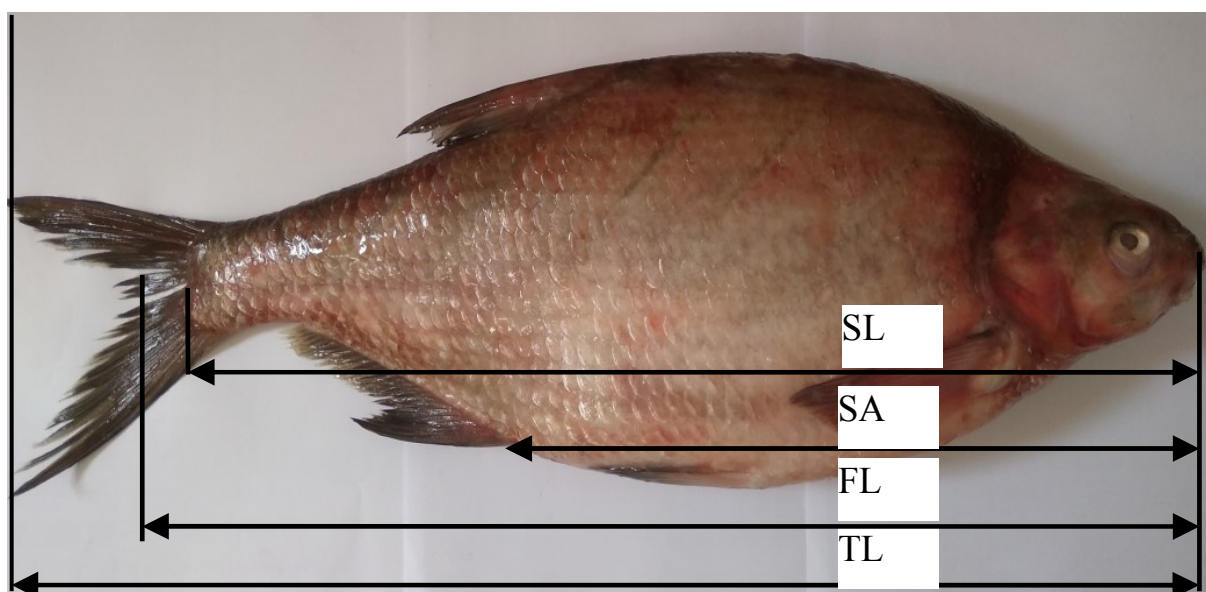


Рисунок 12 – Коды 4-х типов измерения длины тела рыб на примере леща *Abramis brama*

Запись дискретных величин в бумажный журнал и последующий ввод с клавиатуры в БД осуществляется исследователем вручную. Тоже самое, как правило, до сих пор происходит и с непрерывными величинами. Так, длина рыбы измеряется на мерной доске с обычной линейкой (рисунок 13).



Рисунок 13 – Измерение длины антарктического клыкача (*Dissostichus mawsoni*) при работе на судне

Масса фиксируется весами, в последнее время, как правило, электронными, но значения фиксируются визуально и затем вручную заносятся в журналы и в БД с клавиатуры. Всё это способствует появлению ошибок и значительным

временным затратам на ввод данных в электронный вид, и последующую их верификацию. Объем промыслово-биологической информации, собираемой наблюдателями на промысловых судах и научной группой, различен от рейса к рейсу. Но представление о количестве собираемой информации (в обработке которой участвовал автор), в зависимости от её вида (траловые карточки, биоанализы, массовые промеры) можно получить из таблицы 4. Результаты сбора информации во время исследований, проводимых в Атлантике, содержатся в одной из самых больших и востребованных учеными АтлантНИРО БД – «Биология океанических районов». На рисунке 14 представлено общее количество биологических анализов и траловых карточек, данные которых в ней содержатся.

Таблица 4 – Количество информации, собранной в рейсах 2015-2019 гг.

Номер рейса	Всего тралений	Записи в траловой карточке	Промерено особей	Биоанализы	Записи в таблице промеров	Год
1	27	112	10230	2636	621	2015
2	32	146	12205	2600	667	2015
3	146	591	58635	12174	2954	2015
4	239	1409	147313	13198	9339	2015
5	204	812	65430	9185	4585	2015
6	222	1025	100352	6504	4699	2016
7	223	1107	96436	13461	6153	2016
8	168	864	83792	7792	5872	2016
9	150	552	43225	2847	2658	2016
10	70	236	30587	2198	1486	2016
11	175	1071	80922	8286	4457	2017
12	191	1053	107902	10595	4978	2017
13	149	562	46377	3884	3164	2017
14	51	51	11399	5149	669	2018
15	40	140	14206	1068	981	2018
16	181	870	95709	5450	5363	2018
17	121	3132	31829	3888	9475	2018
18	11	11	944	0	126	2018
19	176	1096	78875	8971	4908	2018
20	149	663	46488	3234	3578	2018
21	45	71	9150	0	653	2019

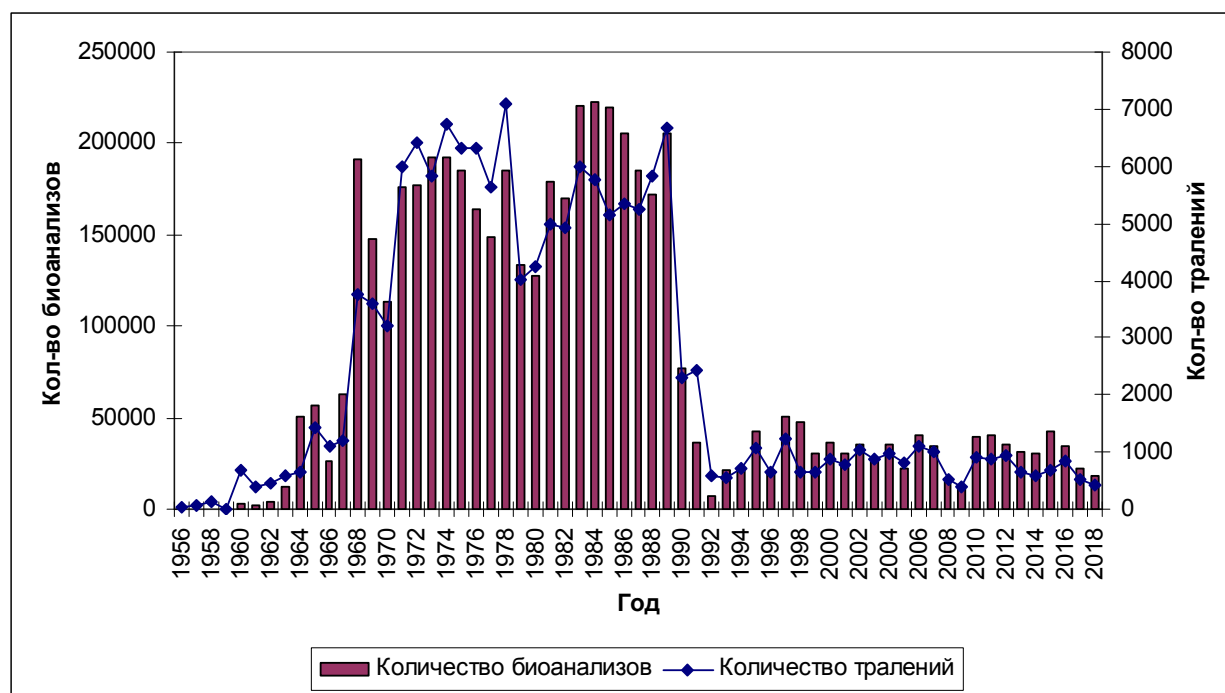


Рисунок 14 – Распределение по годам количества биоанализов и тралений, информация о которых содержится в БД «Биология океанических районов» (Атлантический океан)

В настоящее время при исследовании Мирового океана важной задачей является сбор не только биологических параметров, но и больших объемов экспериментальных данных, характеризующих течение абиотических процессов различной природы, т.е. данных о состоянии среды обитания ВБР. Источниками этой необходимой информации могут быть как спутниковые данные из открытых проектов, размещенных в сети Интернет, так и собственные станции исследовательской и промысловой организации для приёма цифровой информации с метеорологических спутников Земли. В настоящее время на сайтах Интернет находится большое количество информации по температуре поверхности океана (ТПО) (сайты COADS, GDAS, IGOSS, Aqua-MODIS, AMSRE) спутниковой альтиметрии (АУО) (сайты AVISO, PODAAC, CSR, NASA/GSFC) и концентрации хлорофилла (сайт Aqua-MODIS). К этим данным (таблица 5) открыт доступ, что позволяет их импортировать и создавать свои собственные БД и производить обработку с целью анализа и мониторинга условий среды в промысловых районах.

Таблица 5 - Некоторые источники океанологической информации научно-информационного обеспечения океанического промысла [32]

Параметр	Организация	Спутник/ Сенсор	Временная дискретность	Пространственн ое разрешение, км	Пространственное покрытие
ТПО	NASA	Aqua/ MODIS	1 сутки	9 км, 4,5 км	89 с.ш. – 89 ю.ш., 179 з.д. – 179 в.д.
ТПО	EU- METSAT	Meteosat-9 /SEVIRI	1 час	5 км	60 с.ш. – 60 ю.ш., 60 з.д. – 60 в.д.
ТПО	NASA/JAXA	GCOM-W1 /AMSR2	1 сутки	5 км	89 с.ш. – 89 ю.ш., 179 з.д. – 179 в.д.
Хлорофилл	NASA	Aqua /MODIS	1 сутки	9 км, 4,5 км	89 с.ш. – 89 ю.ш., 179 з.д. – 179 в.д.
Альтиметрия	NASA	OSTM /Jason-2	7 дней	8 км	66 с.ш. – 66 ю.ш., 179 з.д. – 179 в.д.
Альтиметрия	NOAA /AOML	Multisensor	10 дней	25 км	66 с.ш. – 66 ю.ш., 179 з.д. – 179 в.д.

Рассмотрим данные об особенностях пространственно-временного распределения основных океанологических параметров, регистрируемые в ходе рейса научно-исследовательских судов (НИС) в океанологической и гидрохимической лабораториях.

Комплексные океанологические исследования включают следующие виды работ:

1. Экспедиционные (метеорологические, гидрологические, гидрохимические) работы.
2. Работы по интерпретации данных дистанционного зондирования океана (ДЗО) с искусственных спутников Земли (ИСЗ) и дрейфующих буев.

Такие работы подразумевают выполнение:

- комплекса метеорологических наблюдений в стандартные метеорологические сроки и на каждой гидрологической станции;
- сетки гидрологических станций на заранее намеченных галсах;
- комплекса гидрохимических определений проб воды со стандартных горизонтов; замеров скоростей и направлений течений;
- получение данных ДЗО с ИСЗ, БПЛА и автономных дрейфующих буев из берегового центра поддержки организации и сторонних ресурсов.

Метеорологические наблюдения, производимые с борта судна: ветер (направление в градусах, скорость в м/с); атмосферное давление (мб); температура воды на различных горизонтах °С и т.п., остальные параметры указаны в таблице 6;

Метеорологические данные, получаемые из Интернета: карты анализа и прогноза атмосферного давления различной заблаговременности в узлах координатной сетки различного масштаба.

В гидрохимической лаборатории определяются величины основных гидрохимических показателей морской воды (содержание растворенного кислорода, минерального фосфора и пр. см. таблицу 6).

Для понимания уровня автоматизации сбора информации необходимо указать способ (ручной или автоматический) фиксации каждого регистрируемого параметра. Например, ветер (направление в градусах, скорость в м/с) может измеряться как вручную и т.п.

В современной практике работы на отечественных НИС метеорологические параметры часто визуально считываются с экрана монитора и заносятся в базу данных вручную, несмотря на возможность организации автоматического занесения в базу данных. Под ручным вводом метеорологических данных из Интернета подразумевается обращение исследователя к соответствующему сайту, установка в его интерфейсе параметров получения данных. Затем они с помощью набора процедур (которые запускаются вручную) различного ПО преобразуются в формат удобный для анализа и загрузки в БД.

Если для параметра указан автоматический способ фиксации, то в настоящий момент часто это не подразумевает моментальное попадание значения этого параметра в соответствующую БД в виде сразу доступном для расчётов и анализа. Обычно значения этих параметров сначала конвертируются в подходящий формат с помощью разнообразного ПО (коммерческого или собственной разработки) и только потом они попадают в результирующую БД. Список фиксируемых параметров и способ их измерения показан в таблице 6.

Таблица 6 – Список биологических и абиотических параметров среды обитания ВБР и способ их измерения

Параметр	способ измерения ручной	способ измерения автоматический
ветер (направление в градусах, скорость в м/с)	+	+
атмосферное давление (мб)	+	+
температура воздуха (°С)	+	+
температура поверхностного слоя воды (°С)	+	+
волнение (тип, направление, высота, баллы)	+	-
облачность (общая, нижняя, форма, баллы)	+	-
осадки, туманы, атмосферные и другие явления	+	-
видимость (баллы)	+	-
относительная влажность воздуха (%)	+	+
величины прямой и рассеянной солнечной радиации, МДж/м ²	+	+
карты приземного анализа атмосферного давления, Па	+	+
прогностические карты приземного анализа атмосферного давления, Па	+	+
данные атмосферного давления на уровне моря, Па	+	+
температура воды на различных горизонтах, °С	-	+
соленость воды на разл. горизонтах (‰) (данные с CTD зонда)	-	+
скорость и направление течений на различных горизонтах (см/с, град.) ;	-	+
температура воды и ее аномалии на поверхности и на различных глубинах (горизонтах) с автономных буев, °С	+	+
соленость воды на поверхности и различн. глубинах с автономных буев ‰	+	+
уровенная поверхность океана (альтиметрия) и ее аномалии, м	-	+
содержание хлорофилла на акватории съемки, мг/м ³	-	+
содержание растворенного кислорода на различн. глубинах автономных буев, мкг/л	+	+
общий углерод (ТС), мкг/л	+	+
общий азот (ТN), мкг/л	+	+
общий органический углерод (ТОС), мкг/л	+	+
общий неорганический углерод (IC), мкг/л	+	+
общий углерод (NPOC), мкг/л	+	+
общий летучий углерод (POC), мкг/л	+	+
вид ВБР	+	-
длина ВБР L, мм/см	+	-
длина ВБР l, мм/см	+	-
масса общая, г.	+	-
масса без внутренностей, г.	+	-
пол	+	-
стадии зрелости, баллы	+	-
масса гонад, г.	+	-
диаметр икры I порция, мм	+	-
диаметр икры II порция, мм	+	-
наполнение желудка, баллы	+	-
жирность, баллы	+	-
масса печени, г.	+	-
масса пищевого комка, г.	+	-
возраст, годы	+	-

Перечисленные параметры отражают большую часть множества параметров, которые в настоящее время фиксируются во время научных исследований ВБР. Но повышение эффективности исследований требует увеличения количества измерений, роста требований к точности, применению математических методов обработки, передачи результатов измерений и их верификации. Это приводит к значительному росту трудоемкости и стоимости измерений и, следовательно, требует повышения автоматизации измерений.

Автоматизация измерений в научных исследованиях ВБР должна развиваться в следующих направлениях:

1. использование средств измерений, настраиваемых автоматически;
2. замена косвенных измерений прямыми и применение универсальных комбинированных приборов;
3. максимальная интеграция измерительных модулей и модулей приёма, обработки, анализа и хранения результатов измерений в единой БД.

На современном этапе развития научных исследований ВБР значения многих описанных параметров регистрируются с помощью соответствующих измерительных приборов. Далее представлен краткий обзор таких приборов, способов получения и форматов представления результатов измерений (аналоговый сигнал, RS и т.п.).

Автоматический сбор метеорологических данных осуществляется метеорологической станцией AWS 2700 (Aanderaa Data Instruments, Норвегия) или аналогичной. Все датчики станции закреплены на мачте высотой 4 м (Таблица 7).

Таблица 7 - Основные характеристики автономной метеостанции AWS 2700

Емкость памяти	36100 записей при 7 каналах
Коммуникационный интерфейс	RS-232
Энергопитание	Заряжаемый аккумулятор
Диапазон измерения скорости ветра	0-79 м/с
Точность измерения скорости ветра	2% от измеряемого значения
Погрешность измерения направления ветра	5°
Диапазон измерения температуры воздуха	от -43 до 48 °С
Погрешность измерения температуры воздуха	0,1 °С
Диапазон измерения относительной влажности	0-100%
Погрешность измерения относительной влажности	3%
Диапазон измерения атмосферного давления	920-1080 гПа
Погрешность измерения атмосферного давления	0,2 гПа

В контроллере метеостанции AWS 2700 Datalogger 3660 необработанные данные от датчиков (рисунок 15) преобразуются в числовые значения физических величин и выдаются в канал связи (интерфейсы RS-232/422, LAN, USB) и сохраняются во встроенной буферной памяти.

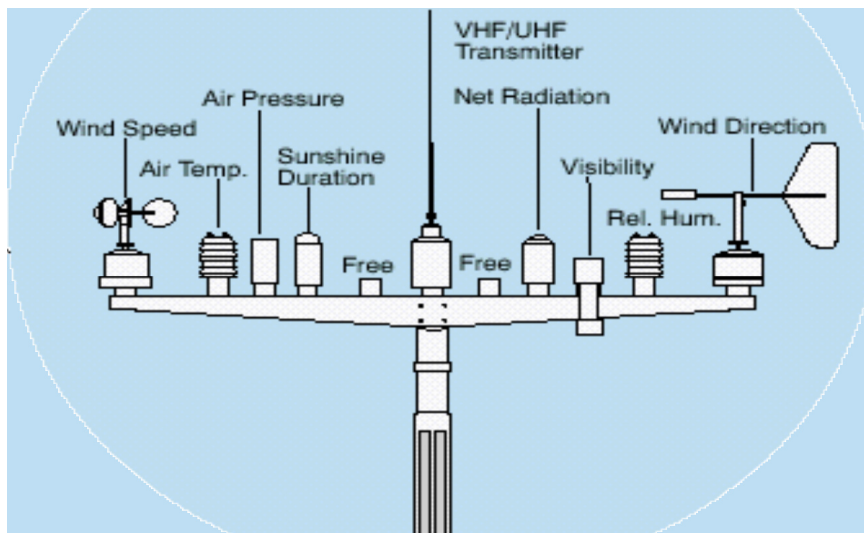
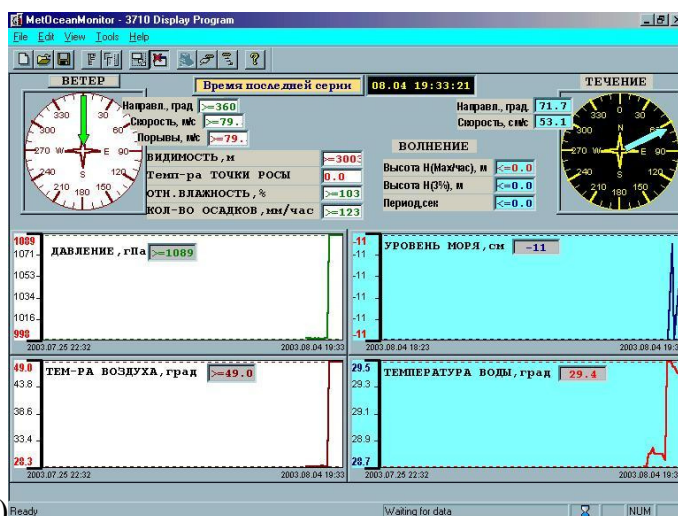


Рисунок 15 – Расположение датчиков на мачте метеостанции

Для отображения результатов наблюдений на экране ПК (в режиме реального времени) производитель метеостанции предоставляет ПО Aanderaa Display Program 3710, позволяющее представлять данные измерений в физических единицах в табличном представлении, а также в виде графиков, векторных диаграмм и т.п. (Рисунок 16-б), а также сохранять данные в ЛОГ-файлах.



а)



б)

Рисунок 16 – Внешний вид метеорологической станции AWS 2700 (а) интерфейс ПО (б)

Данные по атмосферному давлению на уровне моря берутся из массива NCEP/NCAR/CDAS-1, содержащего данные по давлению с шагом сетки 2.5° с января 1949 г. и оперативно пополняемого на сайте NOAA. Также в ходе выполнения НИР с помощью штатного судового радиоборудования (Inmarsat Mini-M, Fleet Broadband) осуществляется прием карт приземного анализа и прогноза атмосферного давления различной заблаговременности (+12 +24 +36 +48 +72 часа), распространяемых региональными центрами погоды: Offenbach (Германия); Northwood (Великобритания); Boston и New Orleans (США) и др.

Океанологические наблюдения с борта судна выполняются с помощью широко используемых в практике промыслово-океанологических исследований STD-зондов (аббревиатура от основных измеряемых параметров: электропроводности (Conductivity), температуры (Temperature) и давления/глубины (Depth)). Они позволяют получать в процессе зондирования профили вертикального распределения различных характеристик среды. На НИС «Атлантниро» используется бортовой океанологический комплекс фирмы Sea Bird Electronics (SBE), который состоит из трех модулей:

1. SBE 19plus V2 - зонд-профилограф, основное назначение которого - запись данных с размещенных на нем датчиков во внутреннюю флэш-память).
2. SBE 32 carousel water sampler - многофункциональное электронно-механическое устройство-пробоотборник, предназначенное для размещения зонда-профилографа, снабженное 24-мя пластиковыми батометрами (объемом 1,7 л). Батометры предназначены для отбора проб с различных горизонтов для дальнейшего определения гидрохимических и биологических параметров микроорганизмов морской воды (Рисунки 17-20).
3. SBE 33 carousel deck unit - бортовое устройство, осуществляющее связь между модулями, передачу на них команд как в ручном режиме (отбор проб через панель deck unit), так и посредством установленного на компьютере ПО, принимающее информацию через кабель-трос и передающее ее на два COM-порта компьютера, каждый из которых работает на своей частоте (9600 и 4800 Гц). Через первый COM-порт осуществляется обратная связь с STD-зондом и пробоотборником

(9600 Гц), через второй (4800 Гц) - настройка режимов работы STD-зонда, передача информации из его флэш-памяти и запись ее на жесткий диск персонального компьютера.

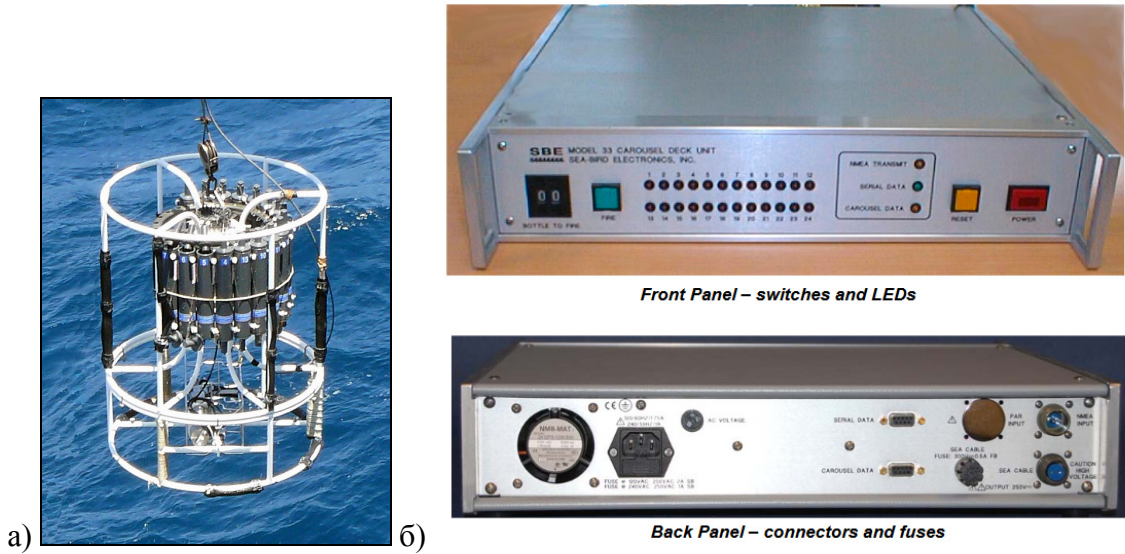


Рисунок 17 – Многофункциональное электронно-механическое устройство SBE 32 carousel water sampler (a) и бортовое устройство связи SBE 33 carousel deck unit

Внешний вид зонда SBE 19plus V2 показан на рисунке 18.



Рисунок 18 – Внешний вид гидрологического зонда SBE 19plus V2

	Диапазон измерений	Погрешность измерений	Стабильность	Разрешающая способность
Электропроводность (сименс/м)	0 – 9	0.0005	0.0003 за месяц	0.00005 (большинство океанских вод; разрешение по солёности 0.4 ppm) 0.00007 (воды повышенной солёности; разрешение по солёности 0.4 ppm) 0.00001 (пресные воды; разрешение по солёности 0.1 ppm)
Температура (°C)	-5 – +35	0.005	0.0002 за месяц	0.001
Давление — тензометрический датчик (Strain Gauge)	0 – 20 / 100 / 350 / 1000 / 3500 / 7000 метров	0.1% от полной шкалы	0.1% от полной шкалы за год	0.002% от полной шкалы
Давление — кварцевый датчик (DigiQuartz)	0– 60 / 130 / 200 / 270 / 680 / 1400 / 2000 / 4200 / 7000 метров	0.02% от полной шкалы	0.02% от полной шкалы за год	0.001% от полной шкалы

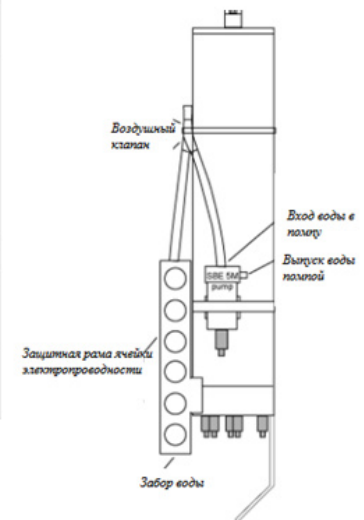


Рисунок 19 – Технические характеристики зонда SBE 19plus V2

Форматы данных, получаемые с зонда-профилографа SBE 19plus V2, представлены в Приложении.

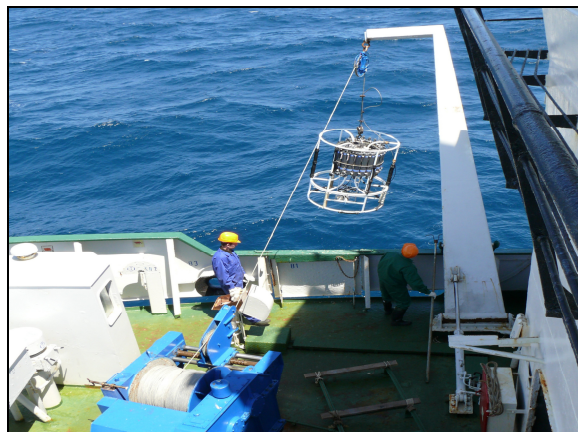


Рисунок 20 - Выполнение гидрологической станции с отбором проб на борту НИС

К зонду производителем прилагается ПО SBE Data Processing, с помощью которого первичные измерения датчиков преобразуются в следующие параметры: глубина погружения прибора (м); солёность воды (‰); плотность воды (Sigma-t);- скорость звука (m/s); насыщение воды кислородом (%).

Дальнейшая обработка данных зонда (расчет различных характеристик, построение карт распределения и т. д.), хранение и анализ полученных данных осуществляется с помощью программы OBZerver 3 [13], разработанной в АтлантНИРО. Об этом подробнее написано в следующем разделе.

Важный параметр среды обитания ВБР это характеристики водных течений, которые регистрируются измерителями течений. Одним из них является автономный измеритель течений «Вектор-2» (рисунок 21). Основные технические характеристики измерителя представлены в Таблице 8, часть файла выходных данных в Таблице 9.

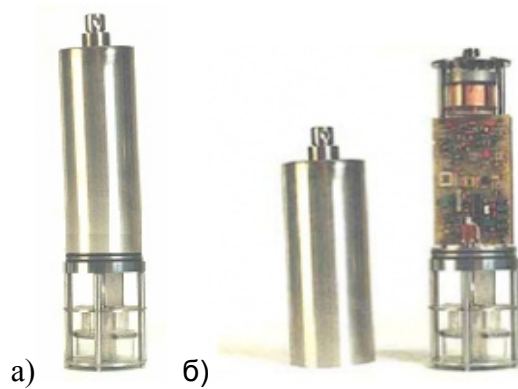


Рисунок 21 – Измеритель течений Вектор-2 в рабочем состоянии (а) и со снятой крышкой (б)

Таблица 8 - Основные технические характеристики измерителя течений Вектор-2

параметр	диапазон	погрешность
Скорость течения, см/с	1 ÷ 150	1,5+5%Vизм.
Глубина погружения	0-2000 м	0,05%
Пределы допускаемой погрешности канала измерений скорости течения см/с	$\pm(1+0,04V_{изм})$	
Диапазон канала измерений направления течения, градус	0÷ 360°	± 5 град.
Рабочий диапазон угла отклонения корпуса от вертикали, градус	0 ÷ 30°	
Диапазон измерений температуры воды	- 2 до +28°С	0.03°С
Периодичность циклов измерения, мин	0,5; 5; 10; 30	
Срок автономной работы, год	1	
Скорость обмена информацией по интерфейсу RS232, бит/с	9600	
Габариты преобразователя: диаметр, высота, мм:	90, 420	
Межповерочный интервал, год	1	

Таблица 9 - Пример части файла данных автономного измерителя течений ВЕКТОР-2

Дата	Время	V1-Мерид.	V2-Шир.	Скор., см/с	Напр., гр.	Cos	T, °C	Поправка	P, kPa	H, m
03.03.02	18:54:29	-2.40	7.24	8	108	1.015	14.851	-20.23	45.05	4.50
	18:54:59	27.76	-31.56	40	311	1.054	13.578	-25.45	58.17	5.81

Расширенный пример содержимого файла (таблицы 9) приведён в Приложении.

Вектор-2 в настоящее время используется всё реже, потому что сейчас активно стали применяться устройства для измерения течений класса Lowered Acoustic Doppler Current Profiler (LADCP). К таким измерительным приборам относится используемый в последнее время Workhorse Sentinel (WHS) ADCP 300 кГц

(рисунок 22) производитель RDI [157]. Часть лог-файла прибора показана в Приложении.



Рисунок 22 – Измеритель течений Workhorse Sentinel (WHS) ADCP

Некоторые технические характеристики показаны на рисунке 23 [4]

Workhorse Sentinel

Автономный 1200, 600, 300 кГц ADCP

Технические характеристики

Профилирование	Размер ячейки ¹	Диапазон ² 12 м 1200кГц		Диапазон ² 50 м 600кГц		Диапазон ² 110 м 300кГц	
		Диапазон ³	Станд. откл. ⁴	Диапазон ³	Станд. откл. ⁴	Диапазон ³	Станд. откл. ⁴
	Разрешение	11-15 м	12.9 см/с				
	0.25м						
	0.5м	12-16 м	6.1 см/с	38-52 м	12.9 см/с	см ссылку ¹	
	1м	14-17 м	3.0 см/с	42-56 м	6.1 см/с	83-117 м	12.8 см/с
	2м	15-19 м ²	2.0 см/с	46-61 м	3.0 см/с	93-128 м	6.1 см/с
	4м	см. ссылку ¹		52-67 м ²	2.0 см/с	104-141 м	3.0 см/с
	8м					116-154 м ²	2.0 см/с
Дальний режим	2м	24 м	3.8 см/с				
	4м			70 м	4.2 см/с		
	8м					165 м	4.2 см/с
Параметры	Погрешность скорости	0.3% скорости течения относительно ADCP ±0.3см/с		0.3% скорости течения относительно ADCP 0.3см/с		0.5% скорости течения относительно ADCP 0.5см/с	
	Погрешность скорости	0.1 см/с		0.1 см/с		0.1 см/с	
	Диапазон	±5м/с (по умолч) ±20м/с (макс)		5м/с (по умолч) 20м/с (макс)		5м/с (по умолч) 20м/с (макс)	
	Количество ячеек	1-255		1-255 1-255			
	Частота измерений	До 10 Гц		До 10 Гц До 10 Гц			

Рисунок 23 – Технические характеристики измерителя течений Workhorse Sentinel (WHS) ADCP

Данные с измерителя течений собираются в бинарном виде и обрабатываются специальным ПО, которое описано в следующем разделе. В настоящее время широкое распространение получили буксируемые по синусоидальной траектории носители океанических датчиков - ондуляторы. Как правило, на ондуляторы устанавливаются не только обычные STD-зонды с комплектом дополнительных датчиков, но и другая аппаратура: MiniBAT (Guildline, Канада) и BIO-FISH ("ADM-Electronic GmbH") [96].

Количество и расположение гидрологических станций в районе исследований определяются конкретной океанологической ситуацией (общим температурным фоном, положением градиентных зон, наличием меандров и мезомасштабных вихрей). На участках градиентных зон с высокой динамической активностью вод, выявленных по результатам анализа данных дистанционного зондирования океана (ДЗО), а также на участках наиболее плотных рыбных скоплений выполняются локальные микросъемки.

Средства ДЗО обладают широкими возможностями по географии обзора, масштабам и объемам получаемой информации, обеспечивают выполнение одного из важнейших требований к методике проведения исследований биопродуктивности вод Мирового океана - неразрывность во времени их проведения. Опыт отраслевых и академических НИИ РФ свидетельствуют о возможности эффективного решения многих задач океанографии по данным ДЗО.

Доступные современные аппаратура, датчики и технологии, используемые в ДЗО, имеют широкий ассортимент, среди них:

- AMSU-A, AMSU-B - Микроволновый звуковой диапазон А и В;
- ATOVS - Оперативный канал вертикального зондирования, представляющие данные ИК-сенсора в диапазоне 10.8 мкм;
- GTCS - Глобальная Система Электросвязи;
- HIRS - ИК излучатель высокого разрешения;
- MSG - Meteosat Second Generation - система спутников Meteosat второго поколения.

Через Интернет-сеть информация ДЗО направляется в соответствующую тематическую базу данных (для последующей обработки) на судовой распределенный сервер спутникового мониторинга (CPCCM). Радиометр SEVIRI, установленный на спутниках *Meteosat Second Generation (MSG)*, имеет 12 каналов (VIS 0.6/0.8 м, NIR 1.6 м, HRV и т.п.), которые позволяют получать изображения поверхности Земли каждые 15 минут. Каждый канал MSG используется для сбора определённых данных об окружающей среде (облачность на разных высотах, количество водяного пара, озонный слой, температура поверхности океана и т. п.). Например, канал VIS 0.6/0.8 м предназначен для фиксации облачности, наблюдения за аэрозолями, идентификации растительности.

Наибольшие возможности получения данных о состоянии Атлантического океана дает метеорологический спутник *Meteosat-9*. Для океанологических целей наиболее важной является информация о ТПО. Для получения такой информации в специализированном ПО (*MSG Data Manager*) для слежения за геостационарными спутниками выбирается изображение с наименьшим количеством облачности на 9-м ИК канале с информацией о ТПО, которое затем обрабатывается, например, с помощью программы *GeoSatSignal*, позволяющей провести географическую привязку изображения, выделить районы, закрытые облачностью, провести псевдоцветовую цифровую обработку (Рисунок 24).

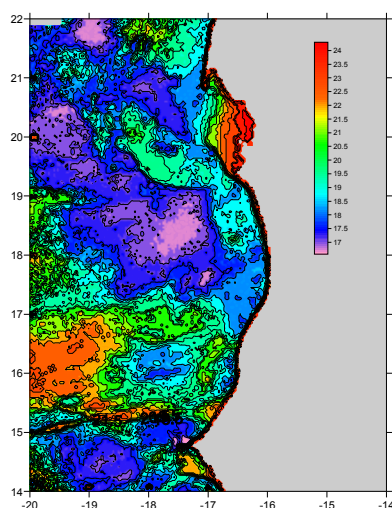


Рисунок 24 – ТПО района ЦВА, полученная с геостационарного спутника METEOSAT-9

Данные о спутниковых изображениях по интересующему району, к примеру, Юго-Восточной части Тихого океана (ЮВТО), дают геостационарные спутники GOES-10 и 12, расположенные над экватором в районе $60^{\circ}, 76^{\circ}$ з.д.

В перечень обязательных гидрохимических анализов, входящих в методики промысловых экспедиционных исследований и выполняющихся в судовых лабораториях, включены определения концентрации растворенного кислорода, солености и рН морской воды, концентрации биогенных элементов, данные по которым главным образом нужны для оценки первичной продукции (органического вещества) водоемов. В этот перечень входят нитраты, фосфаты, силикаты и некоторые другие соединения. Гидрохимические данные собираются комплексом научных приборов, включающим солемеры, титраторы, спектрофотометры. Все гидрохимические определения проводятся как правило в судовых или береговых лабораториях после поступления туда проб. Определения осуществляются по методикам, описанным в справочнике [97]. Данные с перечисленных ниже приборов заносятся в БД в ручном и автоматическом виде, при этом интерфейсы подключения RS-232C, USB.

Для солености в пробах воды используются лабораторные солемеры. Одним из них является Portasal 8410A. Диапазон измерения солемера составляет 0.004 - 76 мСм/см, с разрешением 0.0003 мСм/см. В качестве альтернативы в лаборатории НИС могут использоваться солемеры Autosal 8400B фирмы Guildline Instruments и MS-310 (в) фирмы RBR Ltd и ряд других.

Для определения концентрации растворенного кислорода в пробах воды используются автоматические титраторы. Представителем, которых является прибор Dosimat, который также позволяет определять рН воды и концентрацию хлоридов. Определение концентрации биогенов (соединений фосфора, азота, кремния и др.) в пробах производится с помощью спектрофотометров. ФЭК КФК-3КМ фотоколориметрическим методом (рисунок 25).

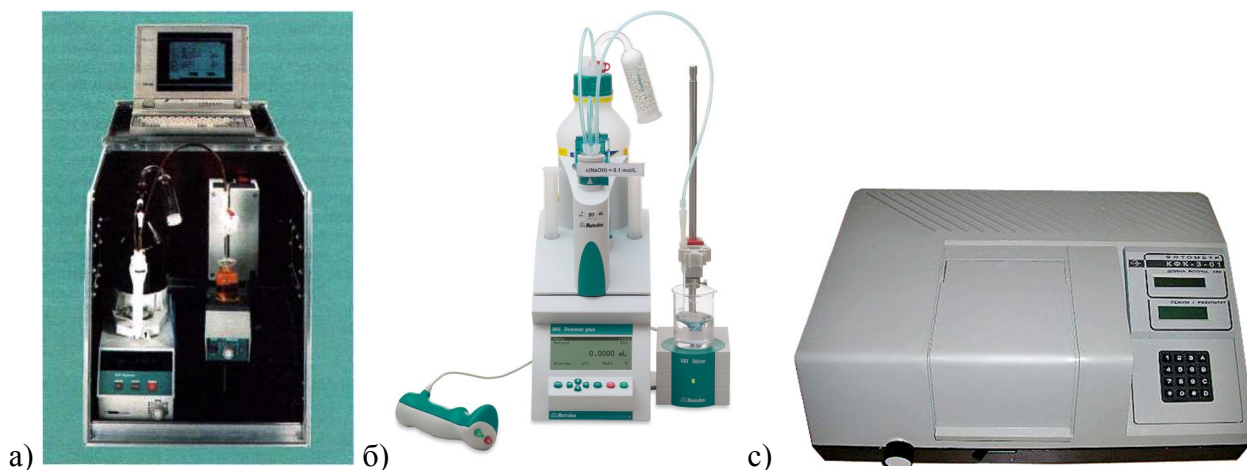
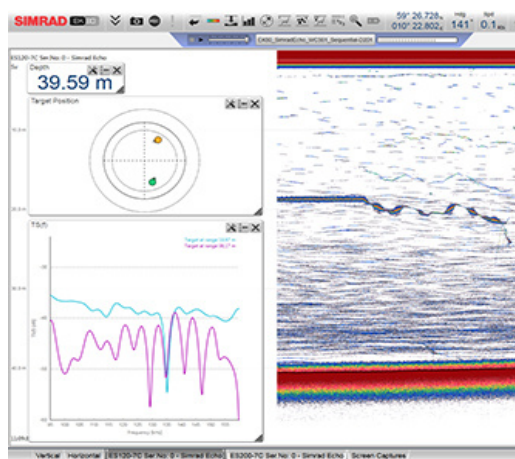


Рисунок 25 – Автоматический титратор Dosimat (DOA - Dissolved Oxygen Analyser, SiS) а – модель 715, б – модель 876, с - спектрофотометр КФК-ЗКМ

Так же на НИС могут использоваться автоматические 4-х каналные автоанализаторы, например, фирмы «Bran-Luebbe», носимых приборов для экспресс-анализов химических характеристик проб воды, регистраторов проточной измерительной системы типа «FerryBox». Этот приборный комплекс автоматически определяет концентрации ионов NO_2 , NO_3 , NH_3 , SiO_2 , Cl , PO_4 и общее содержание фосфора в морских пробах. Важным дополнением к лабораторному оборудованию будет установка анализатора общего углерода $\text{TOC—V}_{\text{сph}}$. Прибор определяет органические и неорганические соединения углерода (от 4 мкг/л до 4 г/л.).

В настоящее время для определения местоположения скоплений ВБР во время промысла и количественной оценки запасов ВБР во время научных исследований широко используются принципы гидроакустики. Гидроакустические учетные работы проводятся с помощью соответствующих аппаратных средств, например: комплексов Simrad EK-60, EK-80 (рисунок 26), работающих на частотах 38, 120 и 200 кГц, что позволяет решать задачи видовой идентификации регистрируемых промысловых скоплений. Собранные данные, обрабатываются с помощью программного пакета Echoview и поступают в БД. Для эффективного поиска и облова скоплений рыбы суда также оснащены современными приборами: гидролокатор кругового обзора Furuno, траловые зонды Simrad, WESMAR.



а



б

Рисунок 26 – Интерфейс (а) комплекса Simrad EK-80 и его приёмопередатчик (б)

При систематизации способов регистрации параметров среды во время разработки планов повышения автоматизации исследований следует уделить особое внимание параметрам, которые в настоящее время регистрируются только вручную и организовать приборную регистрацию сложно или пока невозможно.

Следующие виды метеорологические наблюдения могут регистрироваться в основном вручную: тип волнения; направление волнения; высота волнения; балл общей облачности; балл нижней облачности; форма облаков; видимость; атмосферные явления. Для данных видов наблюдений, как правило, не разработано надежных методик и приборов автоматизации, особенно в судовых условиях. Однако при разработке АСППР необходимо стараться свести к минимуму количество таких параметров. В данном случае, например, измерение высоты волнения вполне может быть автоматизировано с помощью волнографа. В гидрохимических работах к таким параметрам, регистрируемых инженером-гидрохимиком вручную относятся: горизонты взятия проб; номера кислородных склянок; поправочный коэффициент каждой кислородной склянки; оптическая плотность пробы. Примеры заполнения форм полевых журналов выполнения гидрологической съемки и гидрохимических анализов в бумажном и электронном виде показаны рисунках 27, 28.

Разрез —

Станция № 8

КОординАТЫ

Широта 20°10'10.00"N 0 15 ✓

Долгота 017°39'30.00"W 10 14 ✓

Дата 30.11.2012 20 13 ✓

Время нач. 11:54 кон. 12:40 30 12 ✓

Пояс 0 Глубина 670 50 11 ✓

ВЕТЕР: 75 10 ✓

Напр. 30 скор. 10.5 100 9 ✓

ВОЛНЕНИЕ

тип 3/8 форма - 150 8 ✓

напр. 30 с.п.м. 4 300 7 ✓

высота 1.75 степень 4 150 6 ✓

Видимость 6 300 5 ✓

300 4 ✓

300 3 ✓

600 2 ✓

650 1 ✓

Температура воздуха:

Т сух. 22 Т смоч. —

ТНО:

Т воды 19.4

Давление атм. 1016 мб.

Объем-сть: к-во обш. 10 / литр. 8

Форма Cs, As

Атмосферн. явл. дымка

Влажность воздуха —

Прозрачность — м

Цвет —

Лед: к-во — 6

Форма —

Станция № 8 **КОординАТЫ** 20°10'10.00"N 017°39'30.00"W Квадрант SW Глубина 670

Горизонт	Темп-ра	Сол-сть	Плотность	Кислород	Фосфаты	Силикаты	Нитраты
0	19.414	35.808	25.53	4.57	87.84	0.74	
10	19.524	35.894	25.57	4.55	87.68	0.72	
20	19.522	35.894	25.57	4.48	86.33	0.74	
30	19.062	35.877	25.68	2.76	52.73	1.07	
50	15.904	35.595	26.23	1.4	25.13	1.73	
75	15.496	35.553	26.29	1.43	25.45	1.82	
100	15.330	35.538	26.31	1.42	25.19	1.77	
150	14.748	35.491	26.41	1.43	25.06	1.74	
200	14.603	35.479	26.43	1.47	25.69	1.8	
250	14.025	35.432	26.52	1.53	26.41	1.79	
300	13.206	35.471	26.72	1.45	24.62	1.81	
400	12.098	35.420	26.90	1.49	24.71	1.83	
500	10.579	35.298	27.08	2.71	43.47	1.98	
600	8.6844	35.103	27.25	1.87	28.73	2.14	
656	8.069	35.060	27.31	4.03	61.04	2.21	

Широта нач. 20°10'10.00"N кон. 20°10'10.00"N

Долгота нач. 017°39'30.00"W кон. 017°39'30.00"W

ДАТА 30.11.2012 12:17

Время нач. 11:54 кон. 12:40 Пояс 0

ВЕТЕР: направление 30 скорость 10.5

ВОЛНЕНИЕ: тип з/в/в направление 30 с.п.м. 4 высота 1.75 степень 4 Видимость 6

Температура воздуха: Давление атм. Т сух. 22 Т смоч. — 1016

Облачность: общ. 10 Формы Cs, As ник. 8

Атмосф. явл. дымка

а)

б)

Рисунок 27 – Пример заполнения формы полевого журнала выполнения гидрологической съемки в бумажном а) и электронном виде б)

16.12.06г. ст. №10 $\varphi = 30^{\circ}29'120''N$
 $N = 1800M$ $\lambda = 010^{\circ}12'350''W$

17.12.06г. ст. №11 $\varphi = 30^{\circ}29'990''N$
 $N = 132M$ $\lambda = 010^{\circ}00'300''W$

Горизонт	№ п-п	№ станции	Дата и время	Горизонт м	№ склянки	Объем склянки мл/л	м. 112 V-2	Титр К	Отсчет бюретки
0 м	3	1936	2490			5.39			
10	4	1918	2444			5.31			
20	5	1939	2480			5.34			
30	6	1946	2233			4.85			
50	7	1938	2229			4.83			
75	8	1934	2162			4.67			
100	9	1941	2134			4.63			
150	10	1932	2141			4.62			
200	11	1942	2067			4.48			
250	12	1935	2240			4.24	✓		
300	13	1940	1982			4.30			
400	14	1927	1884			4.05			
500	19	1922	1745			3.76			
600	20	1928	1760			3.81	✓		
280	21	1936	1641			3.55			
~1800 м	22	1935	1622			3.50			

$K_{00} = 1117$

Горизонт	№ п-п	№ станции	Дата и время	Горизонт м	№ склянки	Объем склянки мл/л	Температура воды	5%	Растворимость O ₂ мг/л	O ₂ -о	Примечание
0 м	3	1936	2470			5.34					
10	4	1918	2498			5.35					
20	5	1939	2457			5.32					
30	6	1946	2429			5.28					
50	7	1938	2335			5.06				11	
75	8	1934	2176			4.70					
100	9	1941	2136			4.63					
~132 м	10	1932	2102			4.54					

$K_{00} = 1117$

Рисунок 28 – Пример заполнения формы полевого журнала результатов гидрохимических анализов (растворенный в воде кислород)

Объём гидрологической информации, собранной научными группами на научно-исследовательских судах, обработанной и добавленной в БД с участием автора представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Количество гидрологической информации, собранной (2011-2018 гг.) в научно-исследовательских рейсах АтлантНИРО

Номер рейса	Год	Кол-во станций	Кол-во горизонтов	Кол-во измерений температуры	Кол-во измерений Соленость	Кол-во O2	Кол-во PO4
1	2011	91	977	977	977	973	953
2	2011	27	624	624	624	618	586
3	2012	73	842	842	842	836	813
4	2013	79	970	970	970	936	937
5	2013	74	723	723	723	721	722
6	2014	118	875	875	875	875	864
7	2015	147	1266	1266	1266	1266	1226
8	2016	81	786	786	786	786	656
9	2017	82	756	756	756	756	537
10	2018	75	648	648	648	530	511

Для представления о количестве собранной и хранящейся информации в базах данных АтлантНИРО можно обратиться к таблице 12.

Таблица 12 – Количество строк с информацией о биологии и состоянии среды ВБР в БД

Название базы данных	Количество строк в одной из основных таблиц БД
«Биология океанических районов» (Атлантика)	5115055
«Промысловая статистика»	1402167
«Океанография океанических районов»	1316610
«Метаданные о первичных рейсовых материалах»	1897
«Фитопланктон океанических районов»	17757
«Зоопланктон океанических районов»	5674
«Ихтиопланктон океанических районов»	3940
«Зоопланктон заливов Балтийского моря»	5017
«Фитопланктон Куршского и Вислинского (Калининградского) заливов»	1040
«Бентос Куршского и Вислинского (Калининградского) заливов»	3635
«Океанография Балтийского моря».	310142

Что касается объемов накопленной информации в международных открытых базах данных, то он огромен и, начиная с конца 70-х гг. XX в. оценивается во многие миллионы записей, занимающих терабайты.

Все сказанное позволяет сделать вывод, что в настоящее время процесс сбора первичной информации о промысле, состоянии ВБР и среде их обитания характеризуется наличием значительных объемов ручного труда. Для уменьшения объемов такого труда, снижения влияния человеческого фактора на регистрацию и ввод данных в электронный вид необходимо предусмотреть использование оборудования, позволяющего ввод измеряемой информации напрямую со средств измерения в электронный вид в информационную систему. Для дискретных величин, определяемых визуально на основании опыта исследователя (пол, стадия, зрелости, тип волнения и т.п.), также можно предусмотреть повышение автоматизации путём реализации ввода таких данных одним касанием пальца соответствующей опции заранее выведенного списка возможных значений параметра на дисплеи прибора, планшета. На рисунке 30 показана реализованная возможность для выбора пола рыбы (опция «F»). Этому может способствовать применение электронных весов и мерных досок, подключаемых через порт USB напрямую к ПК и мобильным электронным устройствам. Например, таких как мерная доска Scantrol Deep Vision (рисунок 29), автоматические гидрохимические датчики SBE, и т.д.

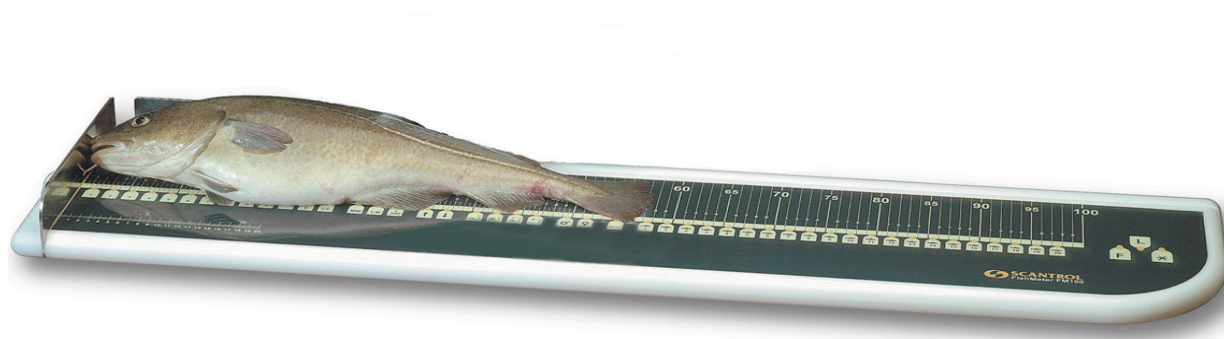


Рисунок 29 – Электронная мерная доска для фиксации длины ВБР

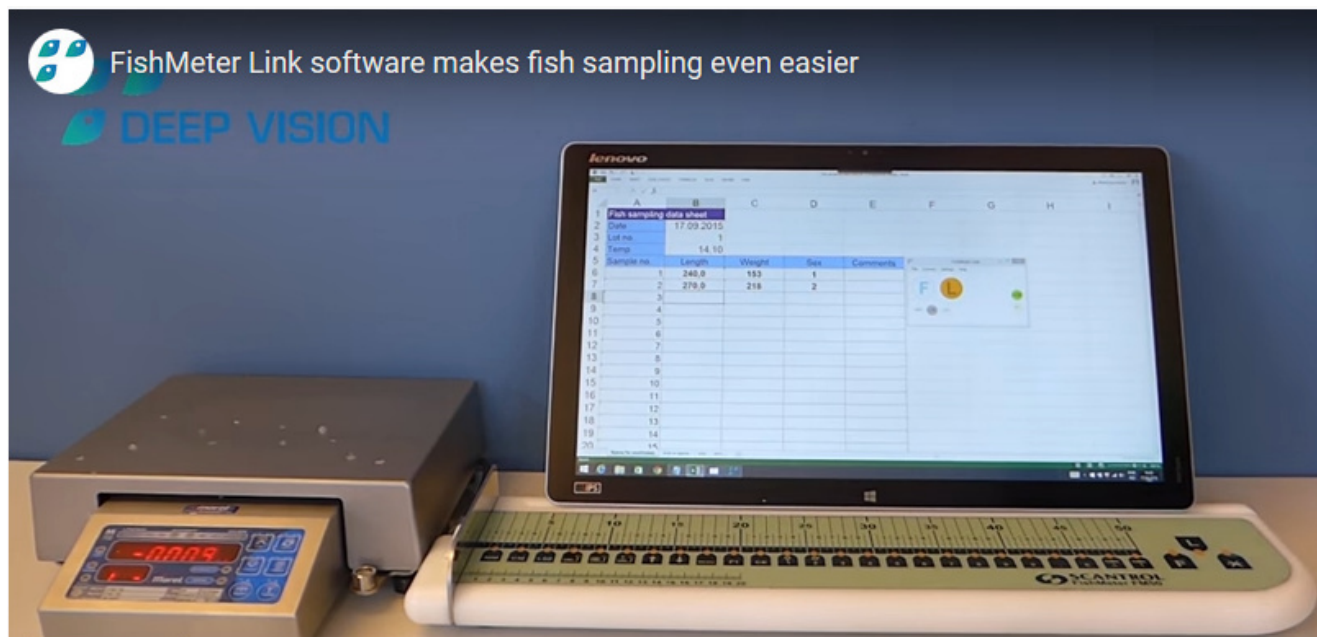


Рисунок 30 – Электронные весы и мерная доска Scantrol Deep Vision, значительно повышающие уровень автоматизации сбора данных.

Несмотря на появившуюся в настоящее время возможность вводить информацию в модули ИСС, где структурирован ввод и происходит автоматическая проверка некоторых параметров, это полностью не исключает человеческого фактора и появления ошибок при вводе данных. Поэтому при разработке автоматизации сбора данных уделялось внимание возможности обеспечения автоматического ввода данных с измерительных приборов непосредственно в модули ИСС и в БД. За инженером-исследователем должна оставаться только функция общего контроля процесса поступления данных в программные модули и БД.

1.3 Состояние автоматизации обработки и анализа информации, собираемой в процессе исследований и промысла водных биоресурсов

Вся собираемая промыслово-биологическая и гидрологическая информация проходит разнообразные автоматизированные процедуры обработки. Процесс обработки направлен, прежде всего, на верификацию данных и преобразование их в соответствующую структуру и формат для добавления в промыслово-биологические, гидрологические (океанографические), гидробиологические базы данных (БД). Использование современных информационных технологий, включая системы управления базами данных (СУБД) и географические информационные

системы (ГИС), упрощает процедуру обработки и анализа данных, уменьшает вероятность ошибок и улучшает обмен данными между всеми участниками организации рыбохозяйственной науки и промысла [52].

Создание и использование указанных научных БД является неотъемлемой частью экосистемного подхода в биологии, океанологии и рыбопромысловой науке, направленного на решение фундаментальных и прикладных задач (экологический мониторинг, рыбохозяйственные прогнозы и др.). Накопление больших объёмов информации в БД, даёт возможность разрабатывать более точные математические модели для прогнозирования динамики распределения и численности промысловых объектов. Математические модели также в свою очередь позволяют контролировать качество собираемой информации.

Обычно при сборе информации в различных организациях исторически складывалась совокупность разнородных, разнотипных локальных БД, не объединённых в единую информационную сеть, что затрудняет обмен результатами работы между пользователями для решения широкого круга профессиональных задач.

В процессе создания АСППР учитывались следующие основные особенности промыслово-биологических исследований:

- слабая автоматизация обработки первичных проб;
- значительный временной разрыв между отбором пробы и их анализом;
- множественность методик отбора и анализа проб;
- неоднозначность подходов к стандартизации биологических данных;
- зависимость видовой идентификации ВБР от квалификации исследователя;
- значительная неоднородность распределения особей в пространстве;
- необходимость реализации комплексного (экосистемного) подхода.

Биологические базы данных в АСППР реорганизованы по реляционной модели данных. Иерархия информации в БД реализована обычно следующим образом: за исходный верхний уровень принят рейс с его основными характеристиками (название судна, дата, район рейса, порядковый номер рейса и т.д.). Информация по рейсу делится на траловые карточки, массовые промеры и

биологические анализы, представляемые в виде отдельных таблиц. В траловых карточках содержится информация о параметрах траления (координаты, глубина, общий улов, название ВБР, процент от общего вылова, минимальный, максимальный размер ВБР и т.д). В массовых промерах – длина, вес, шаг измерения каждой особи. К каждой таблице подключён соответствующий кодификатор, содержащий расшифровку различных параметров. В качестве примера ниже (таблица 13) приведена структура таблицы биологического анализа из БД «Биология океанических районов». Взаимосвязь таблиц в этой БД представлена на рисунке 31.

Таблица 13 - Структура таблицы Bioan (биоанализ)

Поле	Имя поля	Тип	Ширина	Наименование
1	CRUVESID	int	4	Внешний ключ HAWLS
2	OBJ_ID	int	4	Код объекта
3	FISH_N	int	4	Номер особи
4	LNGLTH_L	char	4	Длина L
5	LNGLTH_I	char	4	Длина I
6	TOTAL_WEIGN	int	4	Общая масса
7	SEX	Char	1	Пол
8	MATUR_STAG	Char	2	Стадия зрелости
9	STOMACH	Char	1	Наполнение желудка
10	FAT_STAGE	Char	1	Ожирение
12	LNGLTH_CODL	Char	1	Код используемой длины L
13	LNGLTH_CODI	Char	1	Код используемой длины I

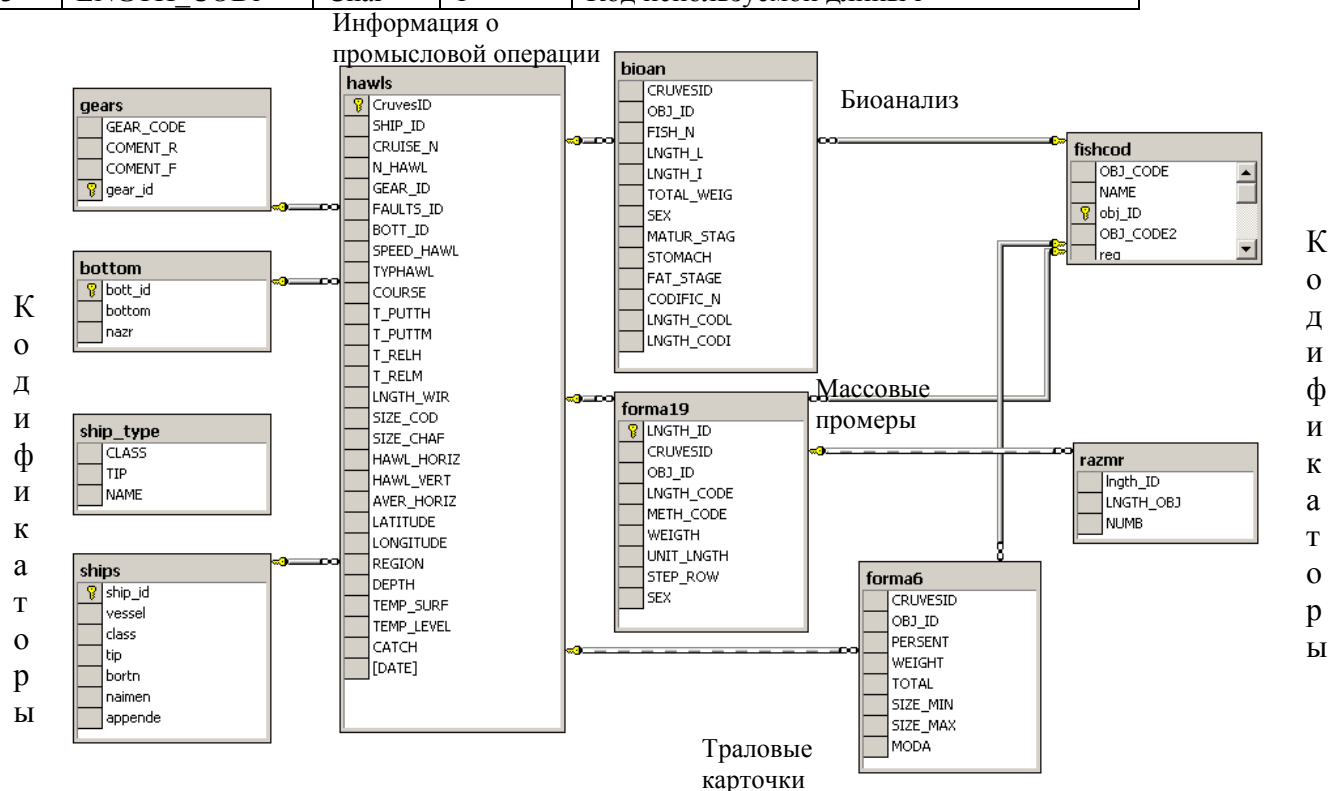


Рисунок 31 – Взаимосвязь таблиц в БД «Биология океанических районов»

Представленная структура информации, прежде всего, относится к ихтиологическим исследованиям. Сбор данных по другим типам ВБР – моллюски, ракообразные может несколько отличаться особенно в части биоанализов, но это принципиально не меняет подходов к автоматизации их обработки и анализа. СУБД в АСППР учитывает возможность появления новых видов данных и разномасштабной информации (фотографии и видеозаписи объектов, динамические характеристики, температурные профили, карты и т.д.).

В процессе создания, совершенствования и пополнения БД вопросы уровня интеграции и иерархии данных, методических особенностей отбора, видовой идентификации, динамического и вероятностного характера данных необходимо обсуждать со специалистами-гидробиологами, гидрологами, промысловиками. Такие БД должны содержать информацию о промысловой обстановке в заданный момент времени, о факторах, влияющих на характеристики ВБР и среды обитания на основании, которых можно оценить вероятность появления определенного объекта лова в данном промысловом районе и в данный промежуток времени. Алгоритм создания таких БД описан в следующей главе. Основные массивы информации о промысле, биологии и среде обитания ВБР [47] состоят из оперативной и ретроспективной промысловой статистики, данных гидрологических, ихтио-фито-зоопланктонных станций [52], данных карточек тралового, ярусного и кошельковых лова научных и промысловых рейсов и ряда другой информации [57, 58, 59].

В целях автоматизации работы с архивными материалами и перевода их на электронные носители в рамках развития Информационно-справочной системы осуществляется постоянная ревизия архивных данных и перенос информации с бумажных и устаревших электронных форматов на сервер. Для автоматизации поиска и работы с такой информацией в бумажном и электронном банке данных создана БД «Метаданные о первичных рейсовых материалах». Разработан соответствующий программный модуль в архитектуре клиент-сервер. Накопление данных осуществляется в следующей последовательности: архивы => базы данных => информационные системы (Рисунок 32).



Рисунок 32 – Схема информационных потоков во время исследований ВБР в части использования БД «Метаданные о первичных рейсовых материалах»

Принципы формирования БД должны быть стандартизированы, для ускорения создания программных модулей, автоматизирующих работу с ними.

Одним из наиболее эффективных способов работы с БД, содержащих пространственную информацию, визуализации данных и расчётов являются географические информационные системы. Созданные на основе ГИС проекты имеют большую практическую значимость и применяются в вопросах экологического моделирования, динамики численности, миграций биологических объектов, оценки состояния окружающей среды, антропогенного и биологического загрязнения, информационной поддержки рыбопромысловых прогнозов, управленческих решений для разработки маршрутов научных экспедиций. Большая изменчивость состояния объектов промыслового лова в зависимости от множества факторов вносит ряд особенностей в принципы построения и использования ГИС-технологии в исследованиях направленных на решение задач рыбной отрасли. Современные ГИС для работы с большими данными о ВБР и среды их обитания должны интегрировать функциональность СУБД с аналитико-моделирующими модулями для статистического и пространственного анализа биологических параметров (миграции, нерест и т.п.), визуализации расчётов по широкому набору видов ВБР и районам Мирового

океана. Учитывая описанные возможности и особенности современных ГИС и их применение в экосистемных исследованиях, следует сделать вывод об обязательности наличия ГИС в качестве основного модуля АСППР, например, в качестве подсистемы обработки автоматизированной системы мониторинга рыбопромысловых объектов, представленной на рисунке 33.

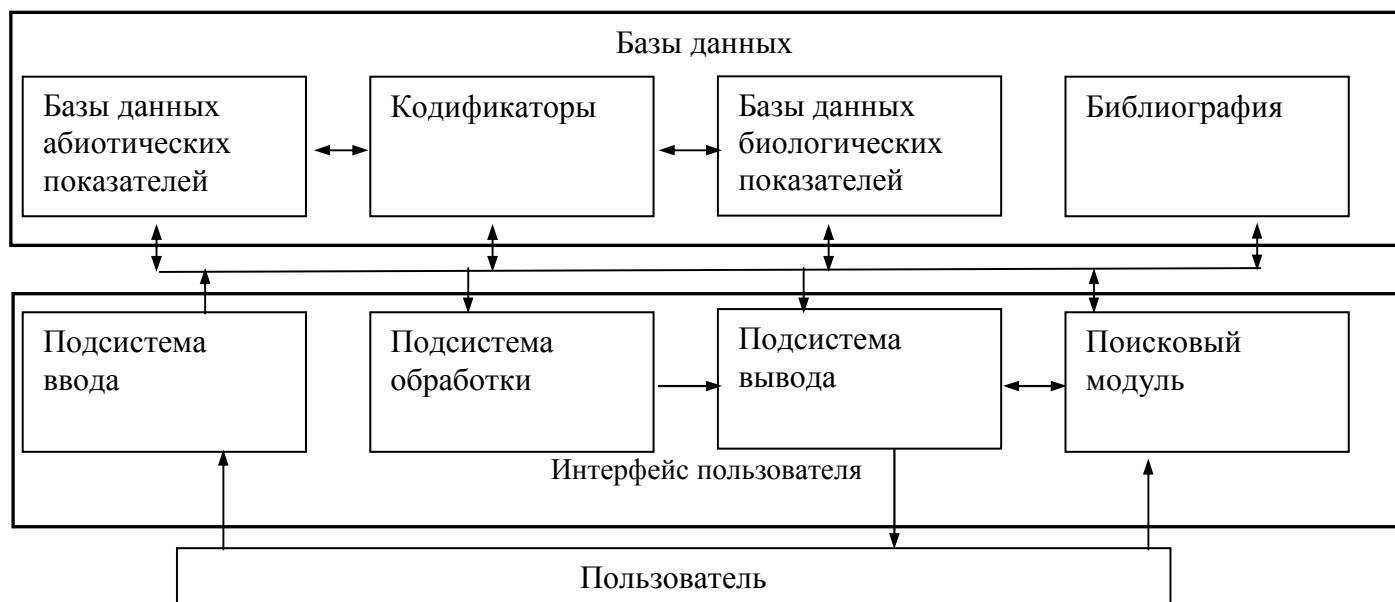


Рисунок 33 – Вариант структуры автоматизированной системы мониторинга ВБР

При проектировании систем мониторинга и создании прогнозных карт распределения объектов промысла эмпирическую информацию можно получить лишь для ограниченных площадей и дискретных временных интервалов. В этих условиях повышается значимость методов математического моделирования, экстраполяции и прогнозирования. Такое моделирование основано на выявлении причинно-следственных, корреляционных связей гидробионтов с биотическими и абиотическими факторами среды [24, 28]. К основным абиотическим факторам, значения которых необходимо собирать, обрабатывать относится ТПО. Подавляющее большинство карт ТПО создаются по данным инфракрасного канала полярных спутников NOAA и геостационарных спутников METEOSAT и GOES. При подготовке карт ТПО преимущественно используется композиционный принцип [9,10]: на одной карте совмещаются и, если нужно, усредняются данные за 0,5-2,5 суток. В некоторых случаях карты ТПО

корректируются по данным температуры, переданным с промысла. Точность таких карт в среднем составляет - 0,5-2,5°C.

Исходная информация берется из источников, перечисленных в предыдущем разделе, в виде файлов, включающих географические координаты, время и измеряемый параметр. На основе этой информации формируется и пополняется БД о среде.

В АтлантНИРО разработана и внедрена автоматизированная система использования спутниковой информации для нужд научных исследований и промысла ВБР, которая при разработке соответствующего связующего модуля является подсистемой АСППР. В качестве приемного оборудования может быть использована VSAT-система спутниковой Интернет-связи формата i-Direct (SEVSAT) в комплексе со спутниковым приемником Ku диапазона SkyStar 2 DVB card и стабилизированной судовой антенной типа Maritime TVRO AL-7200 Product Line компании ORBIT. Принятые данные подвергаются последующей тематической обработке, с применением, созданного в АтлантНИРО программного обеспечения [9, 85]. Система (Рисунок 34) предназначена для быстрого доступа сотрудников к спутниковым данным. Она позволяет оперативно отслеживать изменение параметров окружающей среды в любой точке мирового океана. Интерфейс системы (рисунок 34) для выбора необходимого параметра и даты показан на рисунке 35.

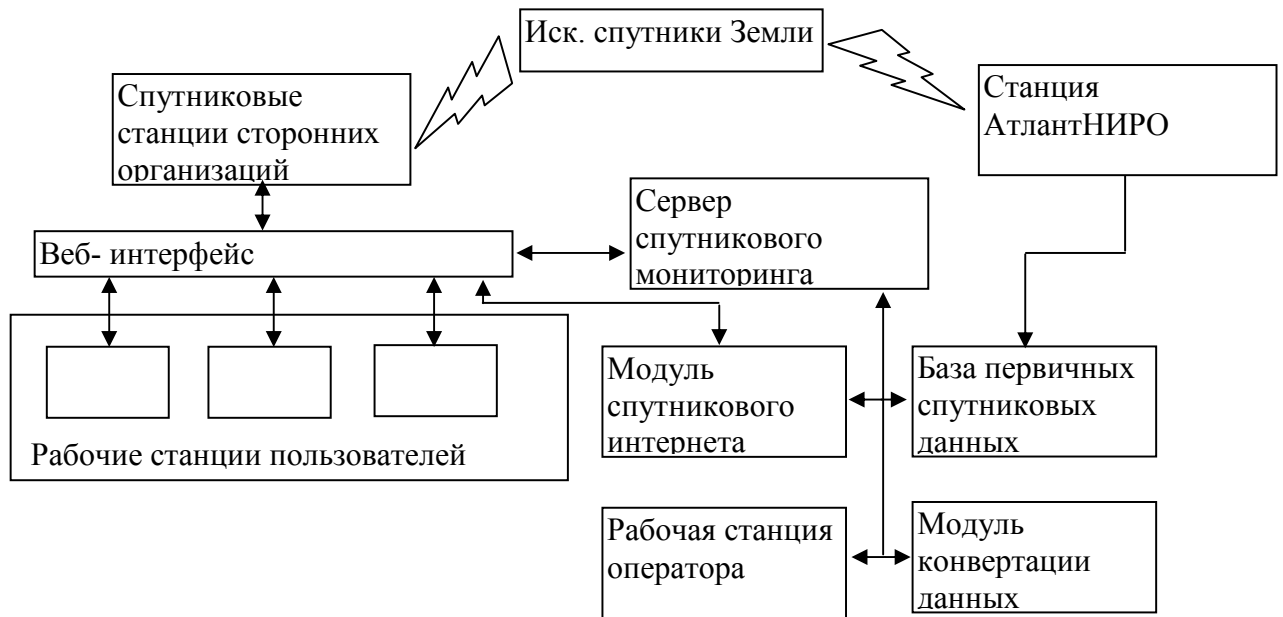


Рисунок 34 – Блок схема интерактивной системы спутникового мониторинга АтлантНИРО

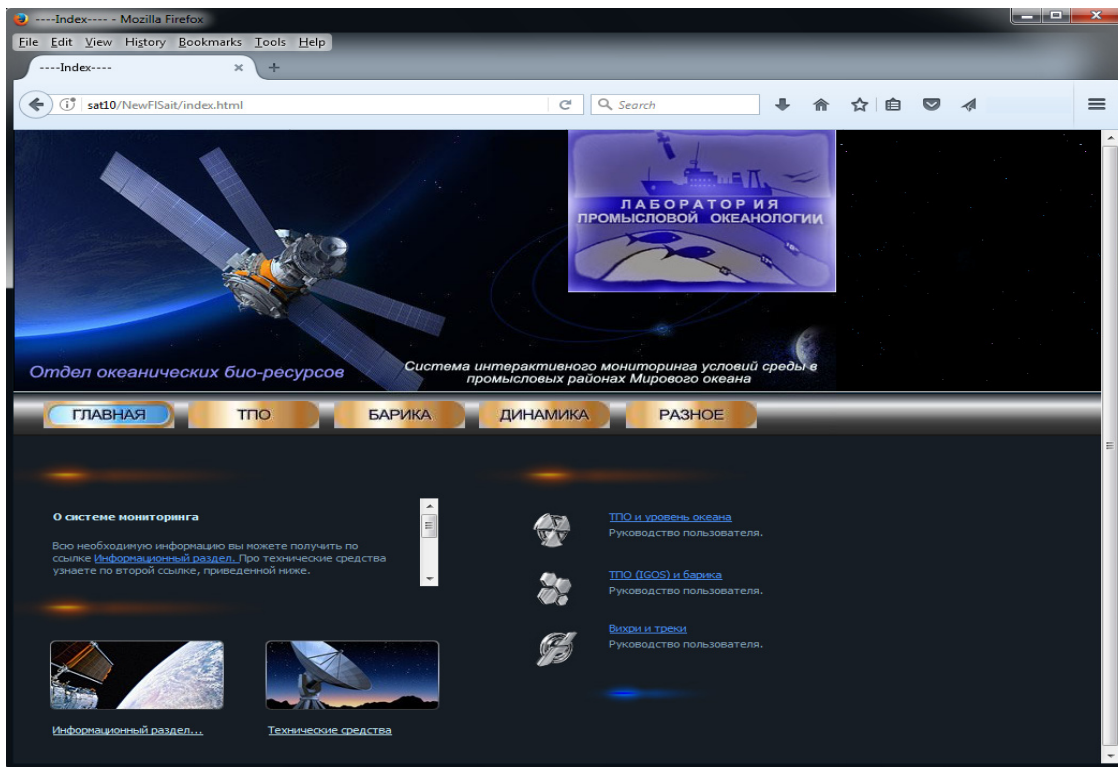


Рисунок 35 – Интерфейс автоматизированной системы спутникового мониторинга

Для каждой характеристики среды система позволяет хранить данные за определенный срок. Данные о температуре поверхности океана обновляются не менее 3-х раз в неделю. Информация, получаемая со спутников NOAA, Meteosat и GOES, как правило, усредняется за 3 дня, так как районы очень часто закрыты

облачностью. Данные по хлорофиллу усредняются за неделю, так как зависят не только от облачности, но и от светового дня [9,10].

После указания координат и выбора даты пользователь получает требуемую карту. На некоторых картах может быть дополнительная информация, например, координаты рыболовных судов. Выводятся они в формате bmp и могут быть сохранены и распечатаны пользователем. Пример карты, формируемой с помощью интерактивной системы спутникового мониторинга, показан на рисунке 36.

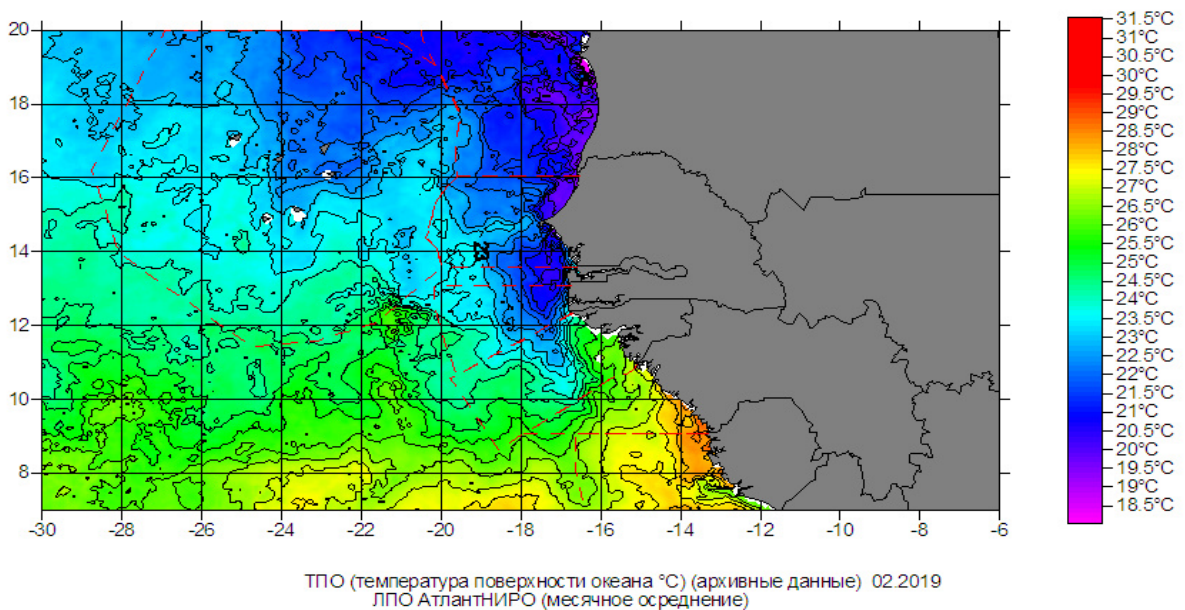


Рисунок 36 – Температура поверхности океана в районе ЦВА

Для мониторинга параметров среды по всему Мировому океану в системе предусмотрена конвертация запрошенной информации в файлы формата KML, для отображения в таких программах как Google Earth. Спутниковые изображения и тематические карты на промысловых судах и в научно-исследовательских организациях могут быть преобразованы в «Слои» (Layers), а навигационные данные судов и данные промысловой статистики в «Метки» (в терминологии Google Earth) (Рисунок 37).

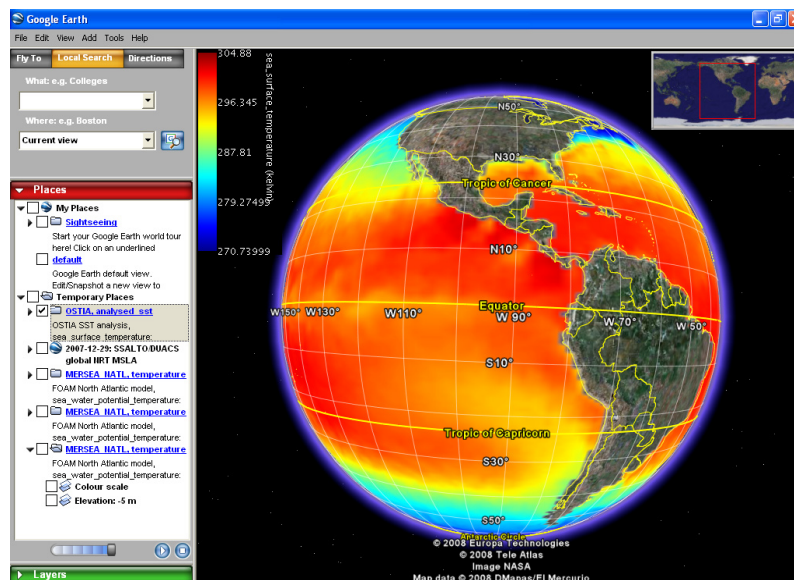


Рисунок 37 – Пример отображения ТПО в программе Google Earth

При наличии пространственно-временного распределения данных можно проводить исследования структуры полей ТПО (АУО) методами одномерного и многомерного статистического анализа. Методом главных компонент производится сжатие информации в нескольких главных компонентах. Пространственная изменчивость главных компонент дает представление о степени влияния той или иной компоненты на отдельные участки поля. Временная изменчивость значений главных компонент отражает изменчивость преобладающих в пространстве и времени процессов.

Методами кластерного анализа выделяются отдельные кластеры (классы) как в пространстве, так и во времени, характеризующие однородные по изменчивости участки поля или однородные во времени интервалы изменчивости поля. При наличии значимых связей между рядами физических и промыслово-биологических характеристик строятся модели множественной линейной регрессии, которые могут в дальнейшем быть использованы в прогнозе. Подобный анализ реализуется в большинстве современных статистических пакетов программ, таких как MESOSAUR, STATICTICA, SPSS и др, но в последнее время такие расчеты реализуются в АСППР.

Расчет различных характеристик среды обитания ВБР, построение карт распределения, анализ полученных (с помощью зонда-профилографа СТД)

гидрологических данных осуществляется с помощью программы OBZerver 3.1, специально для этих целей разработанной в АтлантНИРО [13]. Результаты расчетов используются в АСППР.

При работе с данными в OBZerver (рисунок 39) возможно производить:

- сглаживание и фильтрацию гидрологических характеристик, полученных при зондировании;
- визуальный анализ качества полученных гидрологических характеристик и коррекции грубых выбросов; расчет глубины погружения по давлению;
- расчет солености по электропроводности, температуре и давлению; процентного содержания кислорода;
- построение TS кривых; вертикальных профилей гидрологических характеристик; расчет динамических высот, геострофических скоростей и направлений течений; расходов течений;
- вертикальных и горизонтальных градиентов гидрофизических и гидрохимических параметров;
- средневзвешенных значений гидрофизических и гидрохимических характеристик для заданного слоя;
- большой ряд других океанологических расчетов.

The screenshot shows the OBZerver software interface. The window title is "31 Атлантида". The main area contains several input fields for station data, including station number (18), coordinates (53°42.375'S, 037°09.978'W), quadrant (SE), and depth (139). There are also fields for latitude and longitude start/end, date (30.01.2002), time (8:11), wind direction (280), speed (7.1), wave type (з/вв), direction (260/280), height (1), and visibility (7). A table on the right displays hydrological data for various depths (0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 131). The table columns are: Горизонт, Темп-ра, Сол-сть, Плотность, Кислород, Фосфаты, Силикаты, Нитраты. The bottom of the interface has several buttons: "Импорт гидрологических данных", "Удалить текущую", "Удалить все", and "Справка".

Горизонт	Темп-ра	Сол-сть	Плотность	Кислород	Фосфаты	Силикаты	Нитраты
0	4.7137	33.642	26.63	7.42	102.91		15.47
10	4.7161	33.642	26.63	7.41	102.77		15.29
20	4.7143	33.644	26.63	7.4	102.63		15.29
30	4.6597	33.646	26.64	7.39	102.36		15.64
50	2.9393	33.846	26.97	7.33	97.43		21.83
75	1.6551	33.902	27.12	7.2	92.66		22.28
100	1.3022	33.942	27.17	7.13	90.95		33.32
131	1.0041	34.044	27.28	6.62	83.85		43.75

Рисунок 39 – Форма ввода данных на гидрологической станции (OBZerver)

Данные измерителя течений Workhorse Sentinel (WHS) ADCP обрабатываются (рисунок 40) в настоящее время ПО, разработанным на основе математического пакета Matlab и скриптов на языке программирования Perl [133].

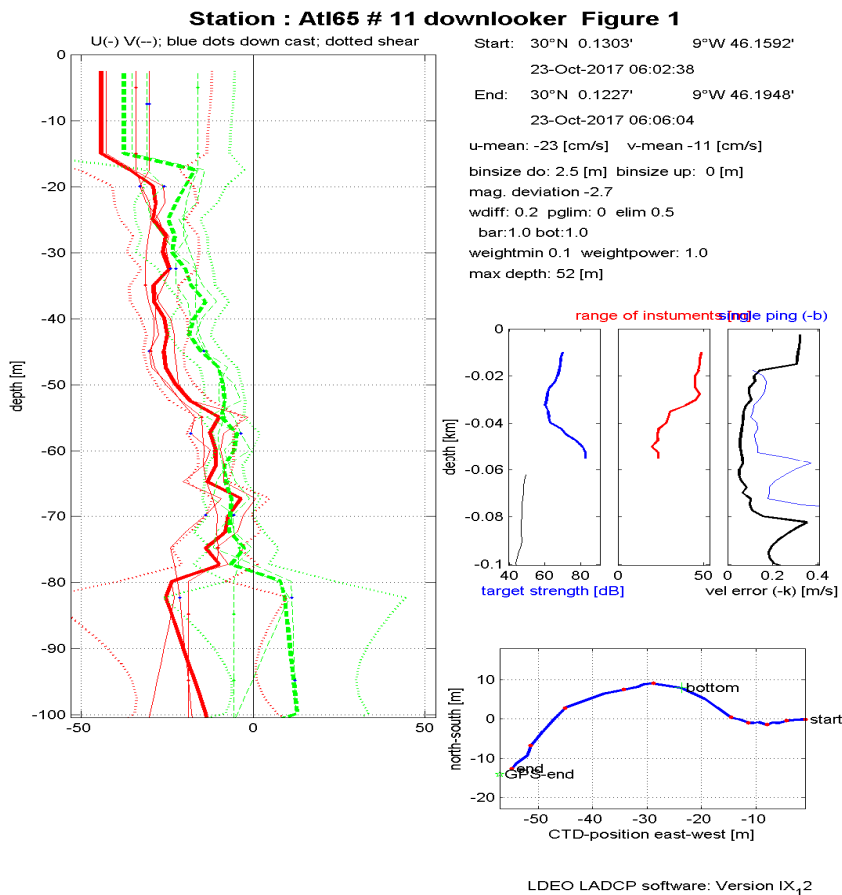


Рисунок 40 – Результат обработки данных, полученных с измерителя течений Workhorse Sentinel (WHS) ADCP

Таким образом, обработка данных промысла и исследований ВБР включает:

- поэтапную автоматизацию процессов сбора, обработки, анализа, использования моделей, построения карт параметров, формирования рыбопромысловых прогнозной информации;
- доведение результатов обработки данных - карт параметров, прогнозной информации - до потребителей с помощью современных средств передачи информации, спутниковых каналов связи, с помощью сети Интернет.

1.4 Анализ операций сбора и ввода информации в БД в процессе научных исследований и промысла ВБР

После анализа уровня автоматизации в процессах сбора, обработки информации во время исследований и промысла ВБР целесообразно оценить время, затрачиваемое на операции, в рамках технологических процессов сбора,

обработки информации и предполагаемое сокращение времени на операции в случае повышения уровня автоматизации. Ввиду большого набора и разнообразия этих операций произведём оценку на примере только измерения длины ВБР во время массовых промеров рыб. Величины затрачиваемого времени будут указываться, исходя из многолетнего опыта автора и проведённых экспериментов, с замером затрачиваемого времени. Обычно при рассмотрении большого набора операций используют сетевую модель [62] для наглядного представления распределения временных затрат на каждую операцию. При рассмотрении только заполнения массового промера, осуществляемого по результатам одного траления, достаточно табличного представления временных затрат. В таблице показаны затраты времени на выполнение массового промера рыбы одного вида, выловленной в одном тралении. В затраченное время включается верификация и загрузка информации в БД. Затраченное время указано как среднее по результатам многочисленных экспериментов автора по фиксации времени ввода данных инженерами БД на берегу, на борту НИС и промысловых судах, также учитывалось экспертное мнение участников сбора научных данных. Аналогичные эксперименты проведены при вводе данных биологического анализа и траловых карточек, обобщённые результаты этих экспериментов показаны в таблицах. Массовый промер одного вида по методике обычно включает измерение длины 200-300 экземпляров. С учетом этого составлена таблица 14.

Таблица 14 – Операции ввода данных в БД и временные затраты на современном уровне организации сбора и обработки данных

Номер операции	Название операции	Продолжительность (сек)	Количество операций	Итого (сек)
1	Измерение линейкой (на мерной доске) на палубе или в рыбцехе судна	5	200	1000
2	Занесение значения в бумажный журнал	2	200	400
3	Переход в каюту для ввода данных в БД	60	1	60
4	Ввод данных в БД с клавиатуры	5	30	150
5	Верификация	5	1	5
6	Загрузка в БД	5	1	5
	Итого	82	433	1620

Следует отметить, что переход в каюту для ввода данных на ПК естественно не осуществляется после каждого промера и может быть осуществлён один раз

уже после всех массовых промеров и биоанализов по результатам одного траления или даже нескольких тралений. Но ввод данных после накопления в бумажном виде (или голосовой записи на диктофон — такой способ первичной фиксации иногда практикуется) результатов нескольких тралений не рекомендуется, так как установлено, что в этом случае повышается вероятность появления ошибок при вводе. Операция верификации введённых данных подразумевает не только автоматическую программную проверку, но и экспертное оценивание данных инженерами БД или биологами на берегу.

При использовании научным сотрудником для промеров электронной мерной доски (пример которой описан в разделе 1.1), данные автоматически попадают в ПК или планшет, к которому подключена доска. Далее возможны два варианта организации работы:

1. данные попадают в таблицу и электронный формат файла, который предусмотрен производителем по умолчанию и сотруднику необходимо будет самому проводить преобразование этого файла в структуру и формат, используемый для хранения в БД.

2. данные автоматически после попадания преобразуются в необходимый формат и попадают в БД с помощью предварительно созданного программного модуля, включающего и автоматическую верификацию.

При использовании электронной мерной доски и создании условий для автоматического попадания результатов промеров в БД, применяемой исследователями для работы на берегу, пропадает необходимость в процедуре ручного ввода информации в БД, а также обращения к отдельным модулям для верификации и загрузки информации в БД. Так же пропадает потребность в обязательном переходе в каюту с палубы или рыбцеха для ввода данных. В этом случае затраты времени на процедуру массового промера ВБР будут такими, как показано в таблице 15.

Таблица 15 – Операции ввода данных в БД и временные затраты с учетом повышения уровня автоматизации.

Номер операции	Название операции	Продолжительность (сек)	Количество операций	итого
1	Измерение с помощью электронной мерной доски	4	200	1000
	Итого	4	200	1000

В случае, указанном в таблице 15, время на автоматическую верификацию и загрузку каждого промера в БД близко к нулю, но это не исключает возможную проверку данных на берегу инженером БД или биологом. Так же в расчете временных затрат при повышении уровня автоматизации сбора и обработки данных необходимо учесть временные затраты, которые понадобятся на разработку соответствующих программных модулей. По экспертной оценке, на это может потребоваться не менее нескольких месяцев работы одного программиста, уже знакомого с предметной областью сбора и обработки промыслово-биологических данных в морских и береговых условиях. Впоследствии эти временные и трудовые затраты будут быстро компенсированы повышением точности ввода данных, экономией трудовых и временных затрат сборщиков данных и инженеров БД. Их трудовые и временные ресурсы могут быть направлены на повышение объёмов собираемых и обрабатываемых данных.

Вышеприведённые таблицы по временным затратам относятся к новым данным, собираемым наблюдателями на промысловом судне или научной группой на научно-исследовательском судне. Но большим блоком работ по информатизации и автоматизации процесса исследований ВБР является перевод в электронный вид ретро-информации (50-90-х гг.), существующей только на бумажных носителях. Операция, которая потребляет в этом случае большое количество времени — это использование инженером программ ввода данных. Во время этой операции инженер визуально считывает информацию с бумажных бланков и заносит с клавиатуры эти данные в соответствующие поля интерфейса программы ввода, описанной в разделе 1.1. Многолетний анализ показывает, что на данный момент сделать эту операцию автоматической (например, путём сканирования бланков и использования алгоритмов распознавания рукописного

текста), т.е. исключить полностью работу инженера — невозможно. Возможно, только немного повышать скорость работы инженера путём улучшения эргономичности интерфейса программы ввода данных. Полностью исключить человека из этой операции, на современном уровне развития технологий, нельзя. Это связано с тем, что при записи информации в бумажные бланки использовались часто не стандартизированные обозначения и сокращения, поля, предназначенные для одних параметров, заполнялись значениями других параметров и т. п. И всё это с учетом бесконечного разнообразия почерков многочисленных наблюдателей и членов научных групп. С учетом опыта ввода данных и соответствующих экспериментов инженерами БД получены (таблица 16) ориентировочные нормативы для операций ввода данных в зависимости от типа информации (массовые промеры, биоанализы или траловые карточки).

Таблица 16 – Ориентировочные нормативы по вводу информации о промысле и биологии рыб в БД (.dbf)

Вид информации	Кол-во экз., пром., тралов на 1 человеко-день
Биоанализ рыб - форма F15	1000
Массовые промеры рыб - форма F19	200
Карт.тр.лова или съемки F06,F6S,F6M	100

В таблице 16 массовые промеры учитываются не в экземплярах, а в количестве размерных рядов для одного вида ВБР в одном тралении. Как указано выше в рамках одного такого промера измеряются обычно 200-300 особей ВБР. При этом таблицу 16 следует читать следующим образом: за один день один инженер может ввести с бумажных носителей 1000 биоанализов или 200 массовых промеров или 100 записей из траловых карточек. Проведём расчет (результат в таблице 17) затрат рабочего времени на месяц. Расчет на месяц вёлся, исходя из того, что рабочий месяц составляет приблизительно 21 рабочий день.

Таблица 17 – Ориентировочные нормативы по вводу информации по промыслу и биологии рыб в БД, затраты рабочего времени в месяц

Вид информации	Кол-во экз., пром., тралов на 1 человеко-месяц
Биоанализ рыб F15	21000
Массовые промеры рыб F19	4200
Карт.тр.лова или съемки F06,F6S,F6M	2100

Возьмём стандартную ситуацию с количеством информации, собранной в рамках одного рейса наблюдателя, когда объём информации составляет: F06 – 700 записей; F15 – 7000 записей; F19 – 200 записей. В БД (.dbf) информация будет введена (набита): F06 за 7 дней; F15 за 7 дней; F19 за 1 день. Следовательно, на ввод информации по одному (необъемному) рейсу требуется приблизительно 15 рабочих дней (при рациональном использовании времени и качественно занесенной в журналы информации (особенно это касается определения видов рыб). Используя вышеприведённые расчеты, можно проанализировать затраты (таблица 18,19) рабочего времени на ввод (набивку) информации, собранной с 50-х гг. XX в. в районе Северо-Восточной Атлантики (СВА).

Таблица 18 – Справка состояния БД «Биология океанических районов» и архива по району СВА

	F06 (рейсы/траления)	F15 (рейсы/экз.)	F19 (рейсы/промеры)
Набивать	248/31883	329 /1014201	286/28629
В архиве	346 /49805	377 /1285812	388/42052
В базе(.dbf)	116 /19708	48/ 275276	111/13820

Таблица 19 – Затраты рабочего времени на ввод информации по форморейсам района СВА одним инженером БД

F06	F15	F19
31883:100=318,6 дня 318,6дня:17р.д.=18,7мес или 1,5 года	1014201:1000:17=59,7 мес. или 5 лет	28629:200:17=8,42 мес. или 0,7 года

Ввод информации из бумажного рейсового архива состоит не только из операций ввода данных, но из других показанных на блок-схеме алгоритма создания БД (Рисунок 62):

- 1 – Анализ бумажного или электронного архива информации,
- 2 – Принятие решения о выборе требуемой информации (логического блока информации: научно-исследовательский рейс, ССД и т.п.) для добавления в БД
- 3 – Использование программ ввода данных,
- 4 – Использование программ тестирования данных на наличие ошибок,
- 5 – Преобразование файлов в требуемую структуру,
- 6 – Формирование или пополнение БД под управлением СУБД.

Сетевая модель взаимосвязи этих операций показана на рисунке 41, а описание операций представлено в таблице 20. Расчёт времени приводится для стандартной ситуации с объёмом информации одного рейса, описанной выше.

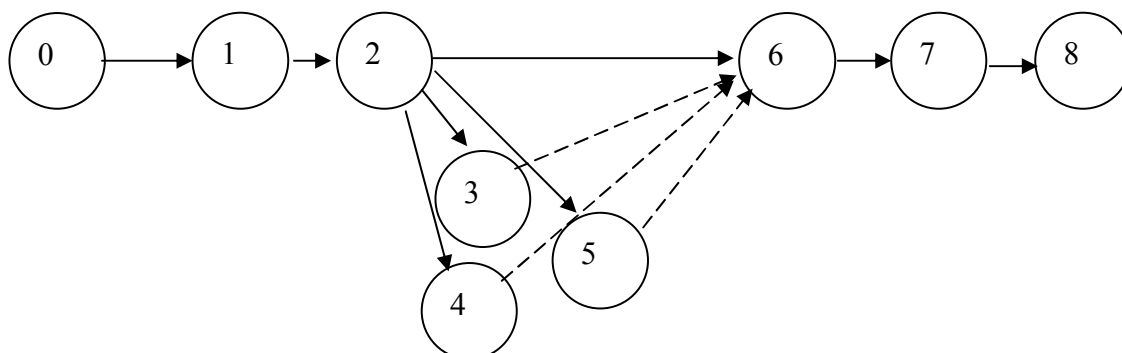


Рисунок 41 – Сетевая модель взаимосвязи операций ввода данных с бумажных носителей в БД «Биология океанических районов»

Таблица 20 – Операции ввода данных в БД и их трудоёмкость.

Код операции	Наименование	Трудоёмкость работы, чел-ч	Продолжительность, чел-ч	Кол-во работников (научные сотрудники, инженеры, программисты)
0-1	Анализ бумажного или электронного архива информации	0.3-8	1-8	1-3
1-2	Принятие решения о выборе требуемой информации (логического блока информации: научно-исследовательский рейс, ССД и т.п.) для добавления в БД	0.5	0.5	1
2-6	Использование программы ввода данных с клавиатуры	40-120	120	1-3
2-3	Ввод массовых промеров	8	8	1
2-4	Ввод биологических анализов	56	56	1
2-5	Ввод данных траловых карточек	56	56	1
6-7	Использование программ тестирования данных на наличие ошибок	8	8	1
7-8	Пополнение базы данных введённой информацией	0.5-8	0.5-8	1

В таблице операции 2-6 и 7-8 разделены, потому что в настоящее время введённые данные в специальном программном модуле EnterForm (рисунок 7) попадают сначала в предварительную (временную) локальную БД формата dbf.

Это обусловлено необходимостью последующего анализа введённых данных и преобразования структуры таблиц. Только после этого происходит добавление информации в общую БД, содержащую данные с 1956 г., которая доступна посредством ЛВС заинтересованным научным сотрудникам. Предварительный анализ таблицы показывает, что сокращение времени на ввод данных в БД с бумажных носителей или устаревших электронных возможно за счет повышения эргономичности программ ввода данных, интеграции программ тестирования на ошибки с программами ввода данных и создании условий для автоматического формирования введённой информации в требуемый для загрузки в БД формат, а также добавления информации в БД непосредственно из программы ввода данных. В этом случае сетевая модель, показанная на рисунке 41, будет выглядеть так, как показано на рисунке 42.

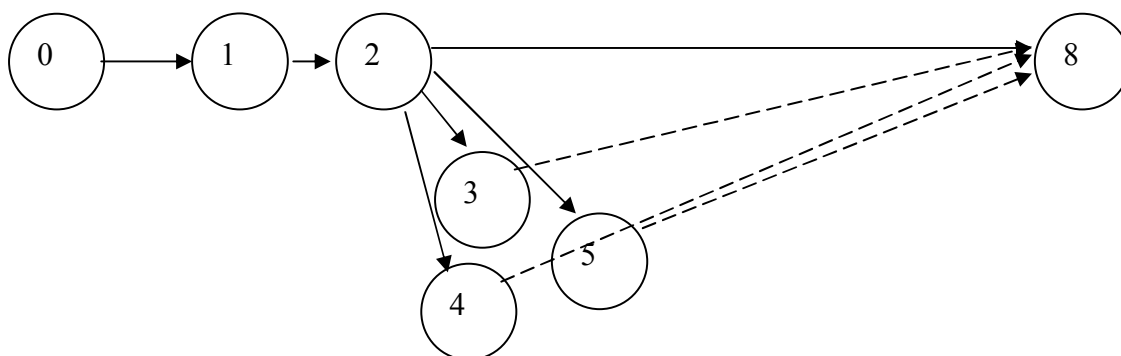


Рисунок 42 – Сетевая модель взаимосвязи операций ввода данных с бумажных носителей в БД «Биология океанических районов» после автоматизации операций 6-7 и 7-8

1.5. Постановка и обоснование задачи создания автоматизированной системы поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле

По результатам анализа состояния автоматизации сбора и обработки данных, получаемых и используемых в исследованиях и промысле ВБР, следует сделать вывод, что эти данные неоднородны, нестационарны, имеют большие объемы и разнообразие. Так же учитывая обоснованную возможность повышения уровня автоматизации сбора и обработки данных и соответственно сокращения временных затрат на эти процессы, можно ожидать значительного увеличения

объёмов собираемой и обрабатываемой информации. Учитывая уже накопленную за несколько последних десятилетий такую информацию, может сложиться ощущение, что этого должно быть вполне достаточно для точного описания и прогнозирования состояния и распределения ВБР в пространстве и времени с помощью современного программного-аппаратного обеспечения и математического моделирования. К настоящему времени разработано множество математических моделей динамики численности ВБР, созданы географические информационные системы (ГИС) [46] и информационно-справочные системы (ИСС) [43, 103, 50, 21], созданы обширные базы данных (БД) [21], но до сих пор недостаточно знаний о законах функционирования морских экосистем и, как следствие, порой достоверность научных прогнозов, на основе которых определяются общие допустимые уловы (ОДУ) и разные типы квот, оставляет желать лучшего. Некоторыми исследователями указывается, что уровень погрешности сырьевых прогнозов в совокупности с рядом факторов в некоторых случаях ведет к превышению их более чем на 50 процентов [113]. Данные, собираемые во время научных исследований ВБР, зависят от множества стохастических факторов, поэтому для их анализа и достоверного прогноза большое значение имеет смысловая обработка информации. [56]

С какой целью в рыбной отрасли анализируются данные и осуществляется прогноз? Как правило, это делается для определения перспективного района промысла на основе априорной (ретроспективной) и новой (текущей) информации для максимизации прибыли промысловых и обрабатывающих организаций, для выявления возможности снижения непроизводительных затрат судов на поиск скоплений промысловых объектов. Это в итоге может повлечь улучшение экономической доступности пищевой продукции из водных биоресурсов для потребителя. Особенно важно, что анализ данных и прогноз необходимы для нахождения баланса между максимизацией прибыли и обеспечением сохранения и рациональной эксплуатации запасов водных биоресурсов. Таким образом, для достижения указанных и схожих целей необходимо принимать решения с учетом множества критериев (многокритериальные решения) в условиях учета большого

объема первичных и агрегированных данных. В таких случаях количество допустимых решений обычно велико и выбор одного из них без разностороннего анализа может являться причиной серьезных ошибок. В подобных ситуациях необходимо не только использовать первичную информацию в виде баз данных, но также формировать и использовать базы знаний. Учитывая это, для принятия эффективных решений в рыбном хозяйстве желательно использовать информационные системы, совмещающие математическую и автоматизированную экспертную обработку данных. В качестве таких систем могут выступать системы поддержки принятия решений (СППР), объединяющие множество математических, аналитических, интеллектуальных методов и которые решают задачи оптимизации и ранжирования возможных решений.

В рамках предлагаемого в работе подхода под СППР понимаются информационные системы, создаваемые для поддержки человеческой деятельности, связанной с принятием решений по управлению процессами (социальными, экономическими, природными, техническими и др.) [16]. К таким процессам также относятся рыболовство, научные исследования и сохранение ВБР, производство и реализация продукции из водных биоресурсов. В качестве лица, принимающего решение (ЛПР), может быть любое лицо, выполняющее анализ информации, предоставляемой СППР и оказывающее влияние на выбор решения [84]. В СППР используются методы интеллектуального анализа данных, информационного поиска и ряд других. Кроме этого СППР в рыбном хозяйстве должны обладать средствами предоставления пользователю агрегированной информации в удобном для восприятия и анализа виде (сводные таблицы, диаграммы, географические карты и т.п.). Агрегация осуществляется по результатам множества выборок из баз данных, содержащих первичную промыслово-биологическую, физико-химическую, гидрометеорологическую и экономическую информацию.

СППР в рыбохозяйственной отрасли можно разделить по уровню управленческих решений, принимаемых на основе их рекомендаций. С концепцией СППР, направленной на поддержку стратегических решений по

развитию и управлению рыбохозяйственным комплексом регионов и всей страны в целом, можно ознакомиться в Концепции внедрения и использования информационных технологий в деятельности Росрыболовства, его территориальных органов и находящихся в его ведении организаций [90]. В диссертационной работе делается акцент на СППР, ориентированной на принятие решений на уровне отдельных организаций. Так же могут существовать и быть востребованы СППР уровня отдельных подразделений и даже одного рабочего места, например, для одного ученого-исследователя.

Несмотря на очевидные выгоды и пользу использования современных СППР в рыбном хозяйстве, они ещё недостаточно развиты и не используются в полной мере.

В настоящее время в области информационного обеспечения рыбного хозяйства СППР обычно представлены в виде отдельных математических моделей и модулей, как правило, отдающих предпочтение одному методу выбора решений (на основе прецедентов), ограниченному набору видов ВБР и (или) району промысла [33]. Часто такие системы концентрируются, прежде всего, на экономических расчетах. Так, например, разработана экономико-математическая модель для расстановки (оптимального управления) судов (рыбодобывающего флота) на основе применения модели линейного программирования [119], создана модель управления рисками для систем поддержки принятия решений в рыбохозяйственной отрасли [61], в этом случае предложена математическая модель выбора оптимальной стратегии поведения участников управления производством рыбной продукции. Основная цель СППР, предложенной иностранными авторами для управления промыслом на банке Джорджес [158], - это предоставление ЛПР, оптимального пространственно-временного расписания рыбного промысла регионального флота для повышения чистой прибыли за рейс каждого судна, в соответствии с существующими правилами регулирования промыслового усилия и общего допустимого улова для нескольких видов ВБР. Ранее (70-90-е гг. XX) под поддержкой принятия решений, как правило, подразумевался механизм формирования рекомендаций для ЛПР, сейчас это же

понятие определяет механизм подготовки данных для ЛПР. В современной СППР в научных исследованиях ВБР и их промысле должны быть реализованы и взаимосвязаны оба указанных подхода. На основании выше изложенного можно сделать вывод об актуальности и востребованности решения задачи разработки, автоматизированной СППР (АСППР), объединяющей ИСС и ГИС, не замыкающейся на одном методе или модели, а включающей множество математических, интеллектуальных методов, СУБД, БД и БЗ.

Выводы

В первой главе проведен анализ технологических процессов научных исследований водных биоресурсов, их промысла как объекта автоматизации, выделены этапы научной и промысловой деятельности и их взаимосвязь. Осуществлена композиция и декомпозиция этих процессов, созданы соответствующие графические модели, в том числе блок-схемы взаимосвязей исследований и промысла ВБР и структурно-функциональные модели.

Представлено состояние автоматизации сбора, обработки и анализа информации во время промысла и исследований водных биоресурсов. В рамках этой главы выявлены, обобщены, систематизированы и проанализированы особенности сбора и обработки промыслово-биологической, гидрологической информации. На основании этого определены способы измерения (ручной или автоматический) для параметров состояния ВБР и среды их обитания. Это является определяющим для планирования повышения уровня автоматизации сбора информации при разработке и функционировании АСППР. Выявлены недостатки и проблемы существующих методик сбора, обработки и анализа информации процессов исследований и промысла водных биоресурсов. Определены направления их развития и улучшения с целью повышения эффективности исследований и промысла ВБР. Всё сказанное позволяет сделать вывод, что осуществлена содержательная постановка задачи исследования.

ГЛАВА 2. ФУНКЦИИ, МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

2.1 Факторы, влияющие на пространственно-временное распределение водных биоресурсов и их учет в автоматизированной системе поддержки принятия решений

Применяемость методов системного анализа, используемого в работе, во многом зависит от того какая проблема, задача или система подвергается анализу. Они классифицируются на хорошо структурированные, слабоструктурированные и не структурированные [15, 67, 87, 153, 154]. В случае анализа научных исследований и промысла ВБР эти процессы выступают как слабоструктурированные в связи с тем, что их составляющие характеризуются как количественными, так и качественными факторами. Анализ таких систем возможен с использованием математического и когнитивного подходов [2]. Факторы могут взаимно влиять друг на друга, степень влияния и связи между ними может быть разной и сильно меняться в зависимости от изменения как учтенных, так и неучтенных факторов. Количество выделяемых факторов определяется исследователем. В зависимости от того количественные они или качественные исследователь выбирает методы анализа. Поэтому важно либо заранее, либо в процессе формирования расчетов определить, к какому типу факторы относятся.

Рассмотрим факторы, влияющие на пространственно-временное распределение объектов и способы их описания. Набор этих факторов очень широк, и до сих пор рыбохозяйственной наукой полностью не определен [82]. Несмотря на большое разнообразие таких факторов, их можно разделить на две важные и большие группы: биологические (биотические) и абиотические. Биологические факторы характеризуют взаимовлияние ВБР и других живых организмов, а также состояние ВБР. Состояние особей влияет на условия образования их скоплений и групповое поведение. Например, условия, при которых рыбы образуют нерестовые скопления, существенно отличаются от

условий, необходимых для образования нагульных скоплений [17]. Поэтому при моделировании закономерностей распределения скоплений ВБР в зависимости от условий окружающей среды [108] необходимо учитывать состояние ВБР. Каждому биологическому состоянию ВБР может соответствовать своя модель, описывающая его распределение в зависимости от условий среды обитания, окружающей среды. Каждый вид имеет свои особенности: специфические условия обитания; каждому состоянию (возрасту, стадии развития, фазе жизненного цикла, физиологическому состоянию) данного вида ВБР соответствуют свои определенные условия образования скоплений [8, 19, 31, 71]. Характеристика состояния должна отражать физиологическое состояние основной массы особей, подверженных промыслу или обследованию. Для этого могут быть использованы средневзвешенные величины ряда показателей (стадии зрелости, жирность, наполнение желудка и т. д.), характеризующие годовой цикл объекта промысла. При анализе биологического состояния ВБР важно учитывать, что его лов происходит, в конечном счете, для переработки в той или иной мере в пищевой промышленности. Для такой переработки часто большое значение имеет не просто целиком гидробионт, но и его составные части (тушка, голова, гонады (икра и молоки), печень) и их соотношение. Эти составные части в свою очередь имеют соответствующий биохимический состав [5], от которого зависит пищевая ценность продукции, являющиеся определяющей в пищевой промышленности при производстве продукции из ВБР. Пищевая ценность зависит от составляющих компонентов продукции (жира, белка, углеводов, микро и макроэлементов, витаминов), а также пропорций отдельных видов компонентов в их общем количестве. Химический состав объектов лова зависит от вида, пола, возраста, физиологического состояния, времени лова, места обитания, условий среды. Знание соотношения составных частей ВБР и их биохимического состава, а также накопление этих сведений в базе данных позволяет сделать, например, согласно Амосовой В.М. [6, 134] следующие выводы по балтийской треске (*Gadus morhua callarias*):

Ход созревания гонад, сроки и масштабы перехода рыбы на преднерестовый этап в основном определяются обеспеченностью пищи в осенне-зимний сезон. Период обеспечения формирования и созревания гонад характеризуется увеличением прироста массы на единицу длины тела. Для этого треска должна переходить на питание объектами, добыча которых требует меньших энергетических затрат (мизиды, тараканы, но не шпрот). Гепатосоматический индекс (ГПСИ) всех размерных групп трески снизился к 2013 г. в сравнении с началом 2000-х. Этот факт доказывает и проведенный анализ динамики энергетического уровня трески при исследовании жирности печени – доли содержания жира по химическому составу (рисунок 43).

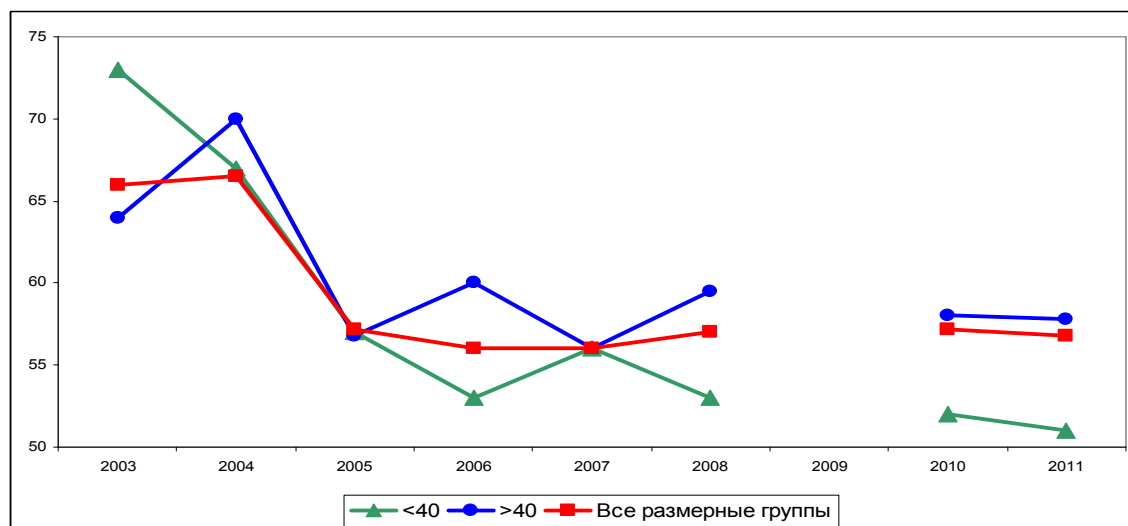


Рисунок 43 – Доля содержания жира по химическому составу в печени трески разных размерных групп, %, как пример фактора, меняющего во времени состояние ВБР и соответственно влияющего на промысел

Анализируя пространственно-временное распределение минтая Охотского моря, икра которого является ценным и востребованным продуктом на мировом рынке, можно сделать вывод, что минтай в период нереста перемещается на мелководье, в феврале наибольшее число взрослых особей имеют стадии зрелости гонад II и III, но присутствуют и особи с IV стадией зрелости. В таблице 21 согласно исследованиям [121], в которых автор принимал участие, показаны данные по стадиям зрелости гонад минтая в Северо-Охотоморской подзоне в марте. Так как наиболее ценными и востребованными для пищевой промышленной переработки являются ястыки икры III и III-IV стадий зрелости, то для

достижения цели получения качественной икры целесообразно осуществлять промысел минтая в более ранние сроки.

Таблица 21 – Стадии зрелости гонад минтая в марте в Северо-Охотоморской подзоне за 2005-2007 гг.

Год	Стадии зрелости гонад,%						Выход, Икры,%
	I	II	III	III-IV	IV	IV-V	
2005	-	18,9	6,6	-	75,4	-	6,1
2006	7,1	-	-	19,7	71,4	1,8	6,5
2007	4,5	-	9,0	-	82,9	3,6	6,7

Подход к статистическому анализу зависимости качества и количества икры минтая для формирования вариантов осуществления промысла в АСППР представляемых ЛПР показан в следующем разделе. Накопление результатов биохимических исследований, физиологического состояния тихоокеанской сельди на предзимовальных и зимовальных скоплениях, может дать дополнительную информацию для прогнозирования урожайности очередного поколения. Так, проведенные в 2004-2009 гг. [27] биохимические исследования сельди северной части Охотского моря количественно показали, что сокращение длительности нагула в холодные годы приводит к уменьшению накопленной энергии к зимовке, что в итоге ведёт к уменьшению плодовитости популяции и появлению неурожайных поколений. Приведённые примеры выявленных связей факторов окружающей среды, биологического состояния, биохимического состава ВБР могут являться источником пополнения баз данных и знаний АСППР, которые в свою очередь в зависимости от текущей и прогнозируемой промысловой ситуации должны являться источником рекомендаций для ЛПР по распределению рыболовных судов на промысле в пространстве и времени.

Биологические факторы, влияющие на пространственно-временное распределение ВБР, находятся в тесной связи с абиотическими. Абиотические факторы, влияющие на биологическое состояние и пространственно-временное распределение, можно разделить на две группы. Первую группу составляют факторы, характеризующие состояние атмосферы: солнечная радиация, температура воздуха, ветры (интенсивность, скорость, направление), атмосферное давление (типы барических полей, циклонический коэффициент). Во вторую

группу входят факторы, описывающие гидросферу: гидрологические характеристики (температура воды, солёность, плотность, наличие растворённого кислорода, освещённость, характеристики термо-пикноклины), а также различные гидродинамические образования (вихри, меандры, границы течений, гидрологические фронты, вергенции, апвеллинг) [123, 124].

В жизни ВБР температура воды имеет большое значение. От температуры зависит интенсивность обменных процессов. [17] Температура влияет на время и продолжительность созревания половых продуктов, сроки нереста, длительность инкубационного периода икры и т. д. [37] Влияние температуры окружающей среды на жизнедеятельность рыб, проявляется на клеточном, тканевом, организменном, видовом и популяционном уровнях [26, 159]. На современном этапе развития мониторинга температуры среды, влияющей на ВБР, наиболее доступной (из открытых источников сети Интернет) для сбора и накопления в БД является температура поверхности океана (ТПО), но на формирование продуктивных зон и промысловых скоплений влияют течения, температура, солёность на различных глубинах, термоклины, горизонтальные и вертикальные температурные градиенты горизонтах. Эта информация может быть получена из данных проекта Арго [147], представляющего собой международный научный проект по организации всемирной сети океанографических станций в виде дрейфующих буев-измерителей. Кроме температуры водных масс, важно учитывать их гидродинамику [118][124]. Скопления ВБР часто связаны с процессами конвергенции [111] и дивергенции водных масс. Есть достоверные свидетельства того, что промысловые и нерестовые скопления обуславливаются изменением положением зоны апвеллинга, например, для европейской ставриды в Центрально-Восточной Атлантике периоды активного наиболее интенсивного нереста определяются в первую очередь термическим режимом, связанным с годовым и сезонным ходом апвеллинга [32]. Согласно Т. Левасту [69] наилучшими районами промысла пелагических рыб являются зоны конвергенции течений. Существует три возможных ситуации влияния зон конвергенции течений и наличием скоплений ВБР. С учетом этого, если в АСППР будет поступать

информация о местоположении зон вергенций и их скорости, то база знаний может выдавать заключения в соответствии с правилами:

1) **Если** конвергирующие течения слабые и имеют скорости ниже пороговой скорости для ориентации рыб; **То** при этих условиях в зоне конвергенции медленно накапливается зоопланктон, и скопление рыб здесь возможно в связи с обилием корма для них;

2) **Если** конвергирующие течения характеризуются средними скоростями; **То** рыбы ориентируются по течению и скапливаются в «верхнем» участке зоны конвергенции. Имеет место также некоторое накопление в этой зоне зоопланктона;

3) **Если** конвергирующие течения сильные; **То** в этом случае рыбы движутся против течения и сносятся им. Скопления рыб можно наблюдать в «нижнем» участке зоны конвергенции. Из-за сильного течения скопление зоопланктона невозможно.

Обратим внимание, что характеристика течений в данном случае является качественной и это накладывает потребность в применении теории нечетких множеств и логики при формировании базы знаний в составе АСППР.

Приведённые правила являются частью базы знаний АСППР на основе продукционной модели представления знаний [23]. Для большей формализации этих правил в условие “Если” для вывода рекомендаций ЛПР в базу знаний могут быть введены значения скоростей конвергенций и скорости рыб. Так, согласно Т. Левасту [69] резкие изменения в составе ихтиофауны имеют место там, где скорость постоянного прибрежного течения превышает 1 узел. Скорость движения рыб находится в определенной зависимости и от длины тела [37], в соответствии с этим определяется коэффициент скорости (отношение абсолютной скорости к корню квадратному от ее длины V/\sqrt{L}). По скорости движения выделяют следующие группы рыб:

1. очень быстрые (меч-рыба, тунцы) – коэффициент скорости около 70;
2. быстрые (лососи, скумбрии) – 30–60;
3. умеренно быстрые (кефали, треска, сельди) – 20–30;

4. небыстрые (сазан, лещ) – 10–20;
5. медленные (бычки) – 5–10;
6. очень медленные (колюшка, луна - рыба) – 5.

Скорости движения некоторых видов рыб являются частью БЗ АСППР и указаны в таблице 22.

Таблица 22 – Скорости движения некоторых видов рыб [69]

Вид ВБР	Скорость см/с	Примечание	Автор
Молодые нерки и кижучи	30-40	Максимальная скорость, выдерживаемая длительное время	Брет, Холландс, Алдердайс [139]
Личинки сельди	0,6 -1,0	Критическая скорость	Бишай [136]
Сельдь (15,2)	91	Максимальная скорость	Браун [138]
Треска (12-56 см)	75-210	Максимальная скорость	Блакстер и Диксон [137]
Сельдь (1-25 см)	3 - 170	Максимальная скорость	То же
Макрель (33-38 см)	189 - 300	Максимальная скорость	То же
Камбала (6-25 см)	6-129	Максимальная скорость	То же

Имея подобную информацию, добавленную в базу знаний АСППР, совместно с текущими данными о положении и скорости течений из базы данных с учетом другой информации, система будет способна выдавать аргументированные рекомендации о пространственно-временном распределении промысловых скоплений.

Практика формирования рекомендаций для рыбной промышленности о возможном развитии промысловой обстановки на основе эмпирических зависимостей от одного фактора среды показывает малую прогностическую достоверность. Это можно объяснить тем, что такие зависимости часто устанавливаются на недостаточно репрезентативном материале для конкретной ситуации и не учитывают динамику изменения ситуации. АСППР должна учитывать комплекс факторов биотических и абиотических, а базы данных и знаний должны постоянно пополняться новыми фактами и знаниями. Биотические и две группы абиотических факторов, указанных выше, охватывают то множество факторов, которые рассматриваются исследователями как влияющие на образование и распределение промысловых концентраций ВБР. Результат систематизации этих факторов приведен на рисунке 44. Основой этой схемы являлась схема из работы [17], однако она доработана и уточнена согласно

современным представлениям о взаимосвязях факторов с учетом задач АСППР и опыта автора.

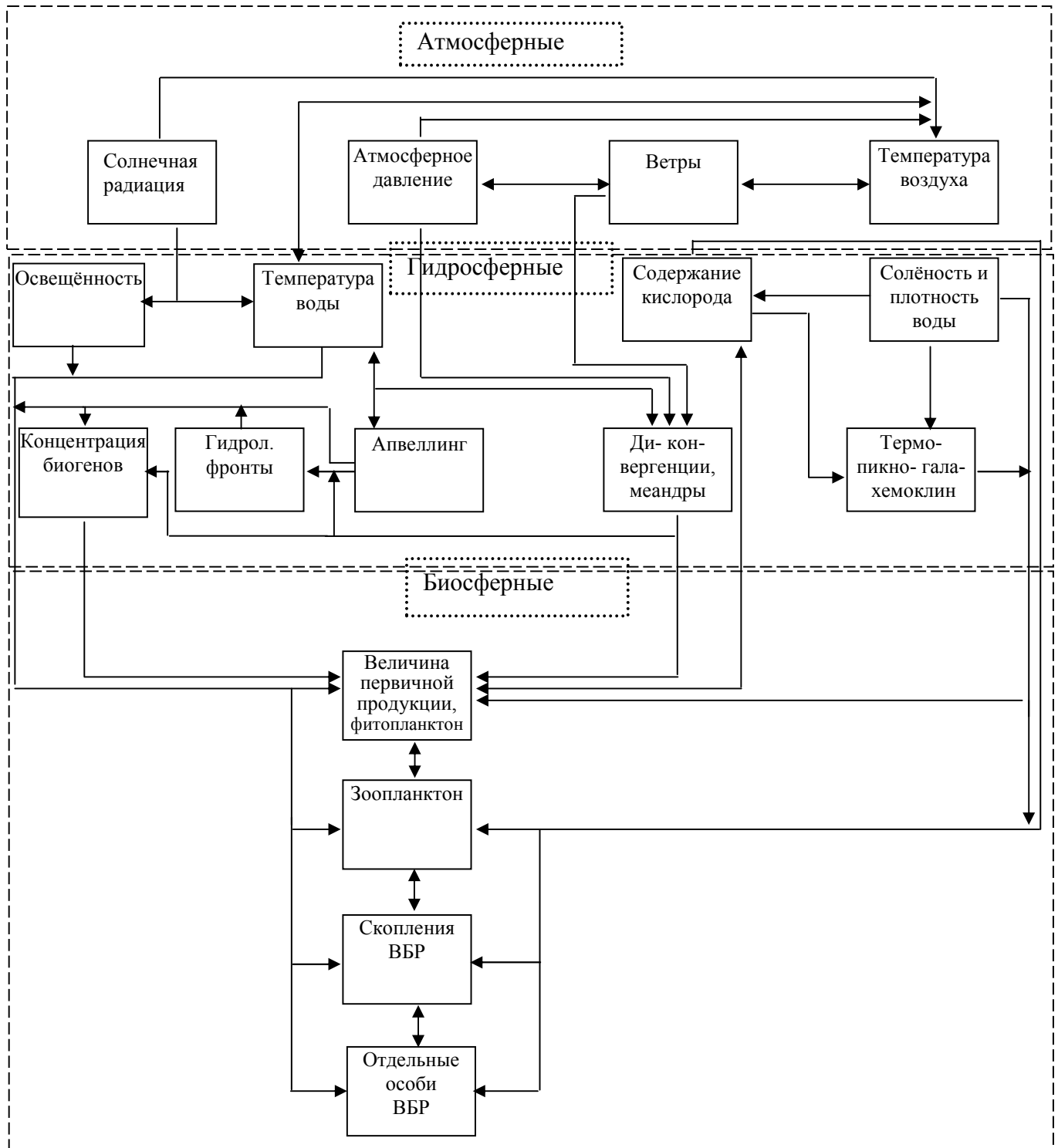


Рисунок 44 – Схема взаимодействия абиотических и биотических факторов, влияющих на пространственно-временное распределение ВБР

При разработке АСППР такие обобщённые схемы необходимо составлять для определения, факторов, которые будут учитываться в системе в виде

когнитивных карт ситуации, формируемых автоматически АСППР либо при помощи соответствующих инструментов, предоставляемых АСППР лицу, принимающему решения. Каждый фактор в свою очередь может быть детализирован и разделен (декомпозирован) на несколько. Важно учесть количественно или качественно характеризуется фактор и иметь в виду, что один и тот же фактор может характеризоваться (в зависимости от его особенностей или целей исследования) и количественно и качественно. Например, явление апвеллинга (подъем глубинных вод водоёма океана, моря, озера на поверхность) может характеризоваться скоростью, местоположением (координатами географическими) и температурой. Эти характеристики, как правило, имеют числовое значение. Однако апвеллинг может описываться и качественно – сильный, средний, слабый. Например, интенсивность апвеллинга в Каспийском море оценивается как разность между температурой воды за сутки до его начала и минимальной температурой во время апвеллинга. Если разность температур (Δt) меньше 3°C , то апвеллинг определяется как слабый, если $3 \leq \Delta t \leq 5^{\circ}\text{C}$ - средний, $\Delta t > 5^{\circ}\text{C}$ - сильный [76]. При таком подходе апвеллинг, с точки зрения теории нечетких множеств и нечеткой логики, выступает как название лингвистической переменной. Нечеткие множества и нечеткая логика широко применяются в системах поддержки принятия решений. Целесообразно применение их в задачах анализа, прогнозирования промысла и планирования научных исследований ВБР.

Запишем апвеллинг в терминах (приняв $\min(\Delta t) = 0.2^{\circ}\text{C}$, $\max(\Delta t) = 15^{\circ}\text{C}$) нечетких множеств в виде лингвистической переменной, представляющей собой набор из пяти элементов [35] $\{\beta, T, X, G, M\}$, где β – название лингвистической переменной (апвеллинг), T – множество её значений (термов) ($\{\text{слабый, средний, сильный}\}$), X - множество (числовой интервал) определяющее каждый терм $[0.2, 15]^{\circ}\text{C}$, G – синтаксическая процедура (правило, квантификатор), определяющая образование новых значений лингвистической переменной, M - функция принадлежности для каждого значения образованного при помощи процедуры G . Таким образом лингвистическая переменная для апвеллинга может быть записана следующим образом:

{апвеллинг, {слабый, средний, сильный}, [0.2,15] (правило для формирования слов с добавками “очень”, “более-менее”), функция S}

Функцию принадлежности выбираем класса S [98] и в нашем случае она будет выглядеть следующим образом:

$$s(t;0.2,7.6,15) = \left. \begin{array}{l} 0, t \leq 0.2, \\ 2\left(\frac{t-15}{14.8}\right)^2, 0.2 \leq t \leq 7.6, \\ 1 - 2\left(\frac{t-15}{14.8}\right)^2, 7.6 \leq t \leq 15, \\ 1, t \geq 15 \end{array} \right\} (1)$$

Квантификатор можно выбрать следующим образом [128]: “очень” - s^2 , “более-менее” - $s^{1/2}$

При создании АСППР в научных исследованиях и промысле ВБР важно предусмотреть возможность обобщения исследователем, экспертом как в количественном, так и в качественном виде знаний о ВБР для анализа, прогнозирования, планирования промысла и исследований. Поэтому одним из этапов создания АСППР должно быть составление списков факторов, которые могут учитываться в анализе, расчетах и необходимы для принятия адекватных ситуации решений. Для каждого фактора должно быть отмечено каким он является: количественными, качественными, или является количественными, но для решения задач может преобразовываться в качественные (фазифицироваться) или наоборот дефазифицироваться. В виду того, что промысел и исследования, ВБР относятся к сложным, слабоструктурированным процессам/системам, то в некоторых случаях фактор может быть только качественным. Но значения таких факторов также могут быть преобразованы в количественные, например, с помощью специальных преобразований спроецированы на числовую шкалу [0,1]. Такие факторы как тип орудий лова, судна, районов промысла и т.п. всегда будут лингвистическими (качественными). Реализация всего указанного в АСППР, значительно повышает способность системы использовать одновременно всю совокупность данных пространственно-временного мониторинга в выработке

обоснованных вариантов решений задач для ЛПР. При этом эти таблицы в дальнейшем используются на этапе создания ER-диаграмм [89], а затем схем баз данных и баз знаний. Основываясь на схеме, показанной на рисунке 44, составлена таблица 23.

Таблица 23 – Список некоторых факторов, влияющих на скопления ВБР и способ их учета в АСППР

Фактор	Количественный	Качественный	Фазификация	Дефазификация
Температура воды	+	+	+	+
Биомасса зоопланктона	+	+	+	+
Биомасса фитопланктона	+	+	+	+
Биомасса ихтиопланктона	+	+	+	+
Концентрация кислорода	+	+	+	+
Соленость	+	+	+	+
Апвеллинг	+	+	+	+
Район промысла	-	+	-	+
Промысловое усилие	+	+	+	+

Следует отметить, что содержимое этой таблицы может сильно меняться, в зависимости от того для выработки каких решений она составляется, информационных потребностей эксперта и ЛПР. В общем случае почти все факторы могут в том или ином смысле измеряться количественно. Например, район промысла — ИЭЗ Мавритании или Чили, может учитываться дискретно качественно по факту географических границ - севернее, южнее, западнее, восточнее, так и количественно по интервалу широт, долгот. Подавляющее число количественных факторов можно фазифицировать. Это необходимо учитывать при разработке АСППР. Концепция АСППР предоставляет возможность свободного установления принципа учета фактора самому ЛПР, либо дает возможность ЛПР оставить это на усмотрение (путём отработки автоматических алгоритмов) самой АСППР.

В анализе и прогнозировании промысла ВБР важно оперировать таким понятием как промысловая обстановка. Обозначим исследуемую акваторию A . P – множество точек, составляющих акваторию. X – множество биотических и

абиотических факторов, влияющих на распределение гидробионтов в A . $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – набор признаков, влияющих на распределение. t - текущий момент времени. Тогда промысловая обстановка R будет определяться следующим образом:

$$R(p, t) = f(X(p, t)), p \in A \quad (2)$$

Прогноз на один интервал времени значения факторов X , получаемый на основе текущей и ретроспективной информации, обозначим X_{t+1} , тогда прогнозируемая промысловая обстановка:

$$R_{t+1}(p, t+1) = f(X_{t+1}(p, t+1)) \quad (3)$$

Учитывая это понятие промысловой обстановки, необходимо определить место разрабатываемой АСППР в комплексе: объект промысла, его биологическое состояние, биотические и абиотические факторы, ЛПР, эксперты, промысловые и научно-исследовательские суда. Определяя это место в терминах теории автоматического управления, мы получим четкое понимание о месте АСППР и взаимосвязях указанных элементов.

Составными частями любой системы автоматического управления (САУ) являются объект управления и управляющее устройство (исполнительное устройство). Автоматическое (автоматизированное) управление представляет собой совокупность воздействий, направленных на осуществление функционирования объекта управления в соответствии с программой и целью управления. Целью управления рыбным промыслом (так же говорят об управлении водными биоресурсами) является максимизация вылова (в конечном счёте - финансовой прибыли) и минимизация затрат на обеспечение соответствующих операций, всё это должно осуществляться с учетом обеспечения рационального природопользования (РП). РП - «система деятельности, призванная обеспечить экономную эксплуатацию природных ресурсов и условий и наиболее эффективный режим их воспроизводства с учётом перспективных интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья людей» [94]. Не менее важной целью управления рыбным промыслом является обеспечение продовольственной безопасности страны [114], которая среди

прочего выражается в физической и экономической доступности для населения безопасной рыбопродукции в объемах, не меньше установленных рациональных норм потребления.

Фактическое состояние объекта управления определяется одним или несколькими рабочими параметрами u_i , называемыми регулируемыми величинами и определяющими действия системы управления. В качестве регулируемых величин по существу может быть всякая физическая величина, характеризующая регулируемый объект. В случае с рыбным промыслом и исследованиями ВБР в качестве объекта управления могут выступать промысловые скопления ВБР, а к регулируемым величинам следует отнести объём вылова ВБР, их биологические, технологические показатели – размер, стадия зрелости, возраст, биохимический состав. Однако уточним, что под регулированием биологического состояния ВБР понимается не буквальное изменение в результате лова, например, размера рыб, а облов их скоплений в том месте, в то время и такими орудиями лова, чтобы выловленные особи имели заданное биологическое состояние и численность. В качестве исполнительного устройства, очевидно, может выступать как научное или промысловое судно, так и законодательные меры регулирования промысла, природоохранных мер, искусственного воспроизводства ВБР. Исходя из контекста Государственной программы РФ «Развитие рыбохозяйственного комплекса», утверждённой постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 года N 314 и Федерального закона от 20.12. 2004 г. N 166-ФЗ "О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов" с изменениями 2019 г. - сформулируем цели и механизм управления ВБР.

Цели управления ВБР:

- экономические: обеспечение устойчивой эксплуатация запасов ВБР и получение максимального хозяйственного эффекта от использования ВБР;
- социальные: ВБР как основа жизнедеятельности населения, обеспечения занятости населения;
- природоохранные: управление ВБР должно обеспечить постоянное существование видов ВБР, как объектов промысла.

В рамках такого подхода в качестве объекта управления выступает рыбохозяйственная, экологическая система, включающая в себя, как минимум три составляющие: экосистема (водный объект), в котором обитают ВБР; биоценоз (состав ихтиофауны) и его продукционные характеристики; промысел ВБР (система запас-промысел).

Механизм управления ВБР:

- изучение ВБР в его условиях обитания, определение экологического благополучия популяций ВБР, экологическая экспертиза;
- оценка влияния промысла и других факторов на ВБР;
- разработка теоретических основ сохранения и рационального использования ВБР;
- разработка правил и условий рационального промысла ВБР. Определение долговременной стратегии рационального рыболовства. Определение ОДУ и возможного вылова, а также мероприятий по сохранению и искусственному воспроизводству ВБР.

Важной составляющей управления ВБР является оценка результатов такого управления. Это осуществляется путем постоянного пространственно-временного мониторинга, включающего оценку фактических результатов промысла (уловы ВБР и текущее состояние запаса) и сравнение их с ожидаемым результатом. Если цели достигнуты, то делается вывод, что управление осуществляется правильно. Если цели не достигнуты – проблемы управления, некорректно учтены возмущающие, влияющие факторы.

В реальных условиях на объект управления оказывают влияние внешние воздействия, т.е. возмущения f_i . Во время промысла и научных исследований к таким возмущающим величинам относятся, прежде всего показатели (факторы) окружающей среды – температура воды на поверхности и на различных глубинах, солёность, содержание в воде химических веществ, распределение течений, гидрологических фронтальных зон и т.п. Регулируемые величины y_i определяются управляющими воздействиями $U_i(t)$ на входе объекта управления. В случае с промыслом и исследованиями ВБР таковыми управляющими воздействиями

будут решения о выборе времени и места промысла, типа судна, орудий лова, различные организационные и административные решения, которые могут быть приняты на основе результатов работы АСППР.

В связи с тем, что системы управления разделяются на разомкнутые (рисунок 45) и замкнутые системы [65], желательно определить в каком классе систем будет использоваться АСППР. Управление по разомкнутому циклу осуществляется без контроля результата. В рыбном промысле эффективное управление без контроля результата невозможно.

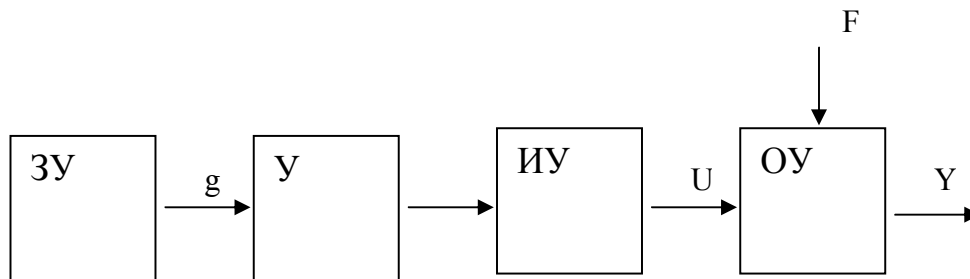


Рисунок 45 – Функциональная схема разомкнутой САР

На рисунке 45 приняты следующие обозначения: ЗУ - задающее устройство; У – усилитель, который далее будем считать встроенным в ИУ; ИУ - исполнительное устройство; g - задающее воздействие; U- управляющее воздействие; Y- выходная величина; F - возмущающее воздействие.

Важнейшей характеристикой системы и её составных элементов является переходная характеристика. Переходная характеристика является временной динамической характеристикой, показывающей изменение выходной величины во времени под влиянием какого-либо воздействия - регулирующего или возмущающего (рисунок 46): $y=f(t)$. Для ВБР такой характеристикой может быть диаграмма изменения среднего размера (или моды) в течение времени в результате воздействия изменившихся абиотических факторов (например, температуры поверхности океана).

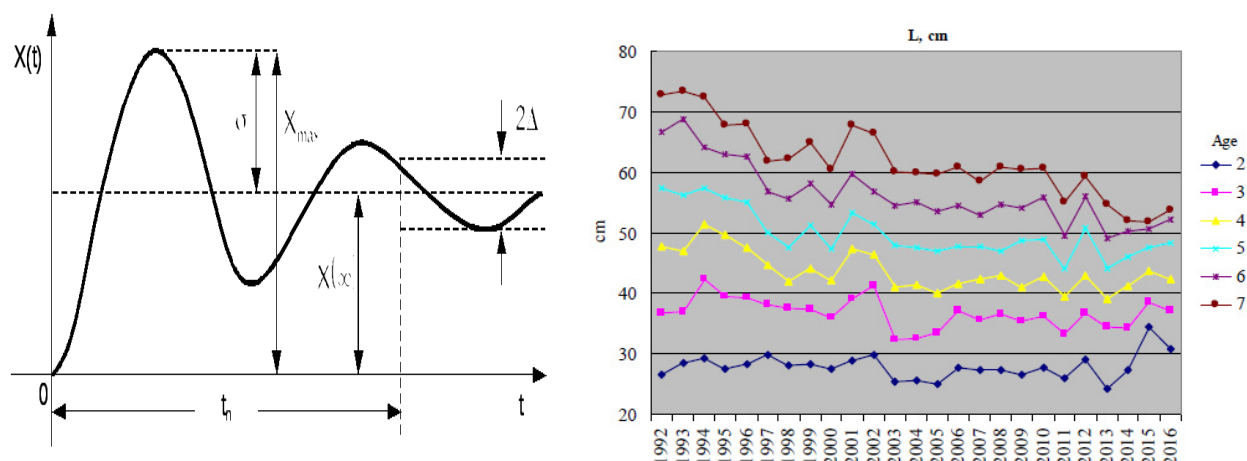


Рисунок 46 – Переходная характеристика САР (а) и размерный состав балтийской трески [134] (б) за 1992-2016 гг.

Любые изменения возмущающего воздействия вызывают изменения выходной величины. Разомкнутую систему можно оценить по величине отклонения выходного сигнала ΔY под влиянием возмущающего воздействия F . В случае с регулированием промысла учет возмущающих воздействий (т.е. условий среды и биологического состояния) является определяющим для управления и прогнозирования. Для учета возмущений создаются разомкнутые системы с управлением по возмущению. Подбирая управляющее воздействие (например, размер ячеи и время лова), можно получить необходимую нагрузочную характеристику системы (размерный состав особей ВБР в улове). При такой схеме теоретически возможна полная компенсация влияния возмущений, но только по тем воздействиям, по которым ведётся учёт. В ряде случаев возмущающие воздействия трудно измерить, например, для рыбного промысла такими трудно измеримыми возмущающими воздействиями могут быть: влияние хищников или изменение эпизоотической ситуации на формирование промысловых скоплений.

Учитывая недостатки систем управления по возмущению, создают замкнутые (с обратной связью) САР, в которых управляющее воздействие U формируется в непосредственной зависимости от управляемой величины Y . Так как в промысле ВБР важно учитывать возмущения, но не всегда возможно учесть их все и также необходимо контролировать результат промысла, то наиболее целесообразным представляется воспринимать АСППР как часть

комбинированной системы (рисунок 48) автоматического регулирования, которая представляет совокупность двух систем: САР по отклонению и САР по возмущению.

Таким образом, зная текущие и прогнозируемые влияющие (возмущающие) биотические и абиотические факторы F (промысловую обстановку), можно определить управляющее воздействие U (орудия лова, время промысла, район) для получения желаемого значения регулируемой величины (результата лова, состояния запаса) Y (массы улова, биологические и биохимическое состояния объекта лова- стадия зрелости, содержание жиров, белков, углеводов, размер и т.д.). Возмущающие воздействия (рисунок 47) в данном случае включают и входные управляющие параметры, так как отделить их и причислить в общем случае к воздействиям или параметрам сложно.

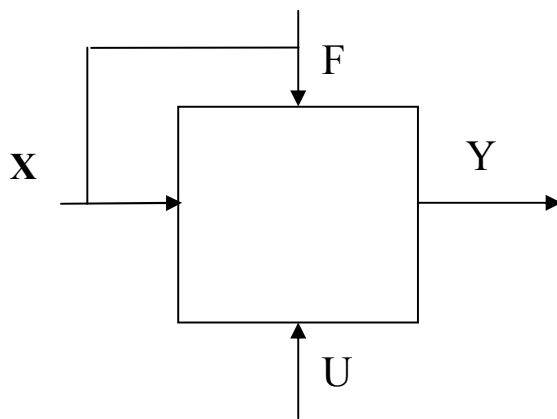


Рисунок 47 – Обобщённая параметрическая схема рыбохозяйственной, экологической системы

С учетом вышесказанного сформирована (в терминах теории автоматического управления) схема комплекса (рисунок 48): объект промысла, биотические и абиотические факторы, ЛПР, эксперты, промысловые и научно-исследовательские суда. Блок сравнения (сумматор) уже присутствует в АСППР, поэтому в результирующей функциональной схеме он отсутствует.

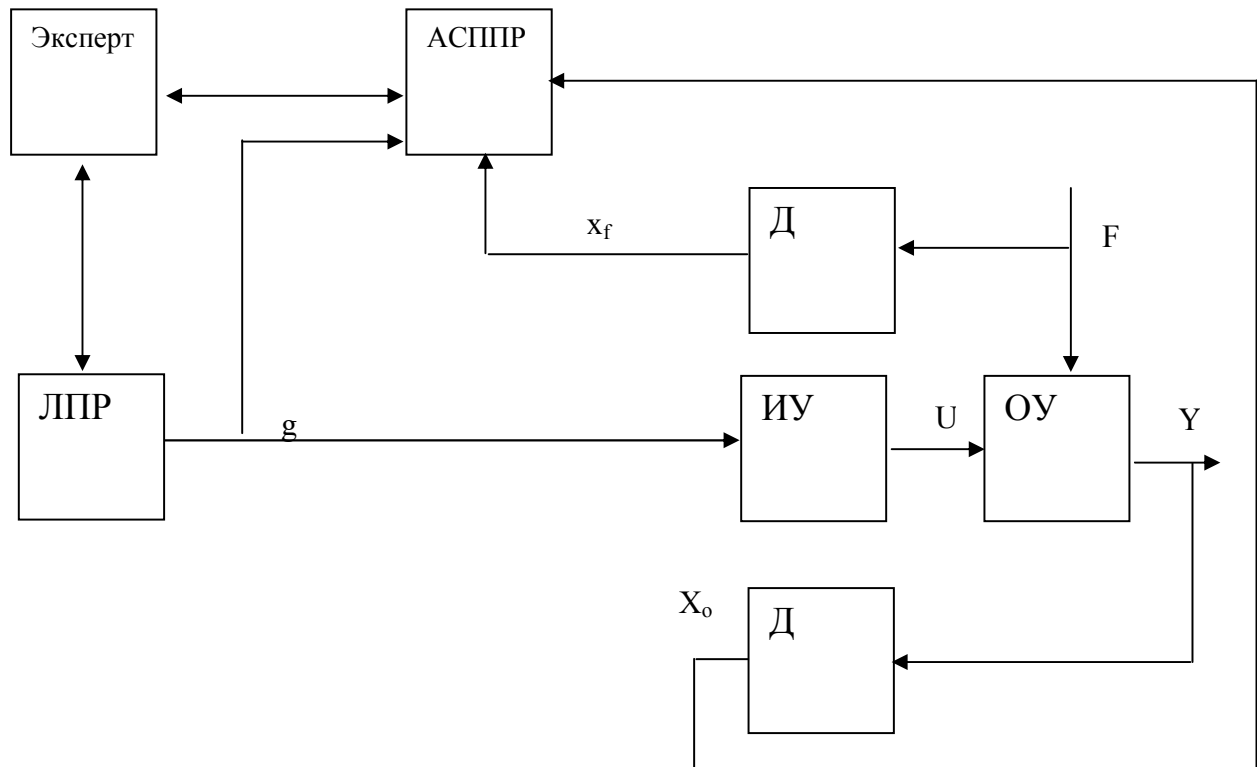


Рисунок 48 – Функциональная схема комплекса: объект промысла, биотические и абиотические факторы, ЛПР, эксперты, промышленные и научно-исследовательские суда

Формализованная таким образом задача даёт возможность дифференцировать задачи каждого элемента, участвующего в промысле и научных исследованиях ВБР, и осуществлять планирование.

2.2 Структурно-функциональная модель системы

Разработанная АСППР предназначена для помощи ЛПР в решении задач в таких сложных комплексных системах как промысел и исследования ВБР на основе пространственно-временного мониторинга состояния ВБР и условий их среды обитания, т. е. экосистемы как сложной системы [93]. Экосистема по определению также сама в отдельности является сложной системой. Понятие таких систем как сложных тесно перекликается с их слабоструктурированностью. Это обусловлено наличием как количественных, так и качественных характеристик, присущих им, отсутствием единого строгого математического описания таких систем, наблюдение за ними и управление ими затруднено по множеству причин, их характеристики нестационарны, эксперименты с такими

системами точно воспроизвести почти невозможно. Поэтому строго формализовать такую АСППР вряд ли возможно. Представляется маловероятным заранее определить все структурные блоки, алгоритмы и модели, которые должны быть учтены в ней на стадии разработки, с учетом того с какими труднопрогнозируемыми взаимосвязанными данными ей предстоит работать (причем степень такой связи и её знак заранее может быть неизвестен или меняться). Следовательно, для создания и описания концепции такой системы следует применять методы системного анализа, когнитивный подход [2] наряду с формальным математическим описанием некоторых подсистем. Концепция АСППР включает в себя подходы к описанию и рекомендации по использованию как уже созданных блоков, так и планируемых, наличие которых в АСППР обосновано заранее созданной структурой целей системы и диаграммой причинно-следственных связей в виде когнитивной карты, а точнее набора когнитивных карт, созданных с точки зрения ЛПР. При этом АСППР не должна формироваться как ещё одна дополнительная информационная система промышленной или научной организации, она должна объединять уже существующие и используемые в организациях системы, такие как ГИС, ИСС, СУБД и различные информационно аналитические системы. Функциональность АСППР должна включать функциональность перечисленных систем и на основе этого синтезировать новые инструменты (не являющиеся простой суммой инструментов составных блоков и подсистем). Следует учесть, что концепция разработанной АСППР не предполагает прямой учет экономико-хозяйственной деятельности промышленных предприятий, научных организаций, так как это не является предметом данного исследования.

При проектировании любой системы необходимо сформировать цели системы. Согласно Концепции развития рыбохозяйственной науки в Российской Федерации до 2020 года - «Целью развития рыбохозяйственной науки является научное обеспечение повышения уровня потребления ВБР населением России, рационального неистощительного использования ВБР, повышение эффективности работы предприятий рыбной промышленности».

Генеральная цель АСППР должна согласовываться с Концепцией развития рыбохозяйственной науки [115] и Стратегии развития рыбохозяйственного Комплекса Российской Федерации [91, 92]. С учетом того что разработанная система ориентирована, прежде всего, на уровень отдельной научно-исследовательской или рыбодобывающей организации, то генеральная цель её сформирована следующим образом: научное обеспечение увеличения вылова ВБР при условии их рационального использования, минимизации негативного влияния на окружающую среду и получение новых знаний о функционировании морских и пресноводных экосистем. В процессе создания АСППР была разработана структура целей системы, которая показана на рисунке 49.

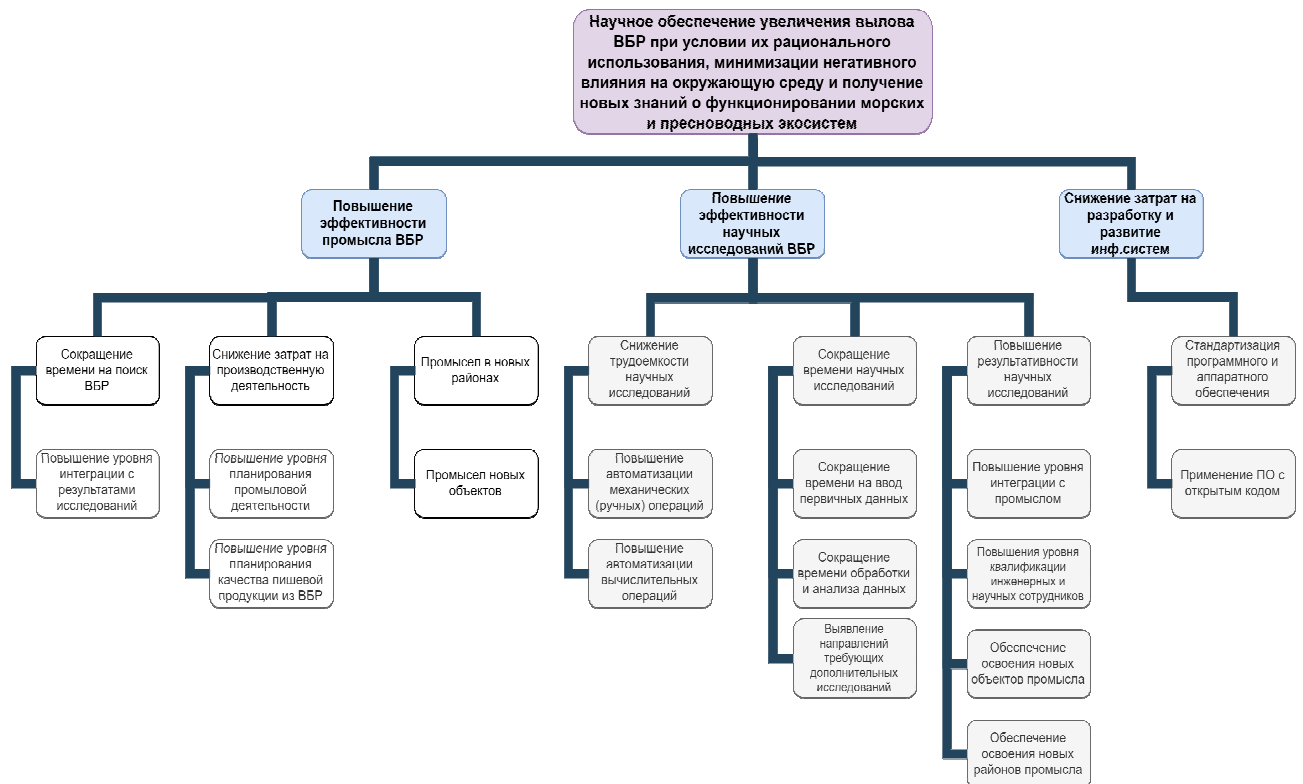


Рисунок 49 – Структура целей автоматизированной системы поддержки принятия решений в научных исследованиях ВБР и их промысле на основе пространственно-временного мониторинга

В сложных системах выделение структурных элементов является нетривиальной задачей, многое зависит от необходимого уровня детализации и целей такой детализации.

Разработанная структура целей АСППР помогает определить набор входных, управляющих элементов, средств для реализации функций системы и её

выходы для создания структурно-функциональной модели АСППР и последующей её декомпозиции на составные блоки в нотации IDEF0 (рисунок 50). Такую модель целесообразно создавать с точки зрения ЛПР [40].

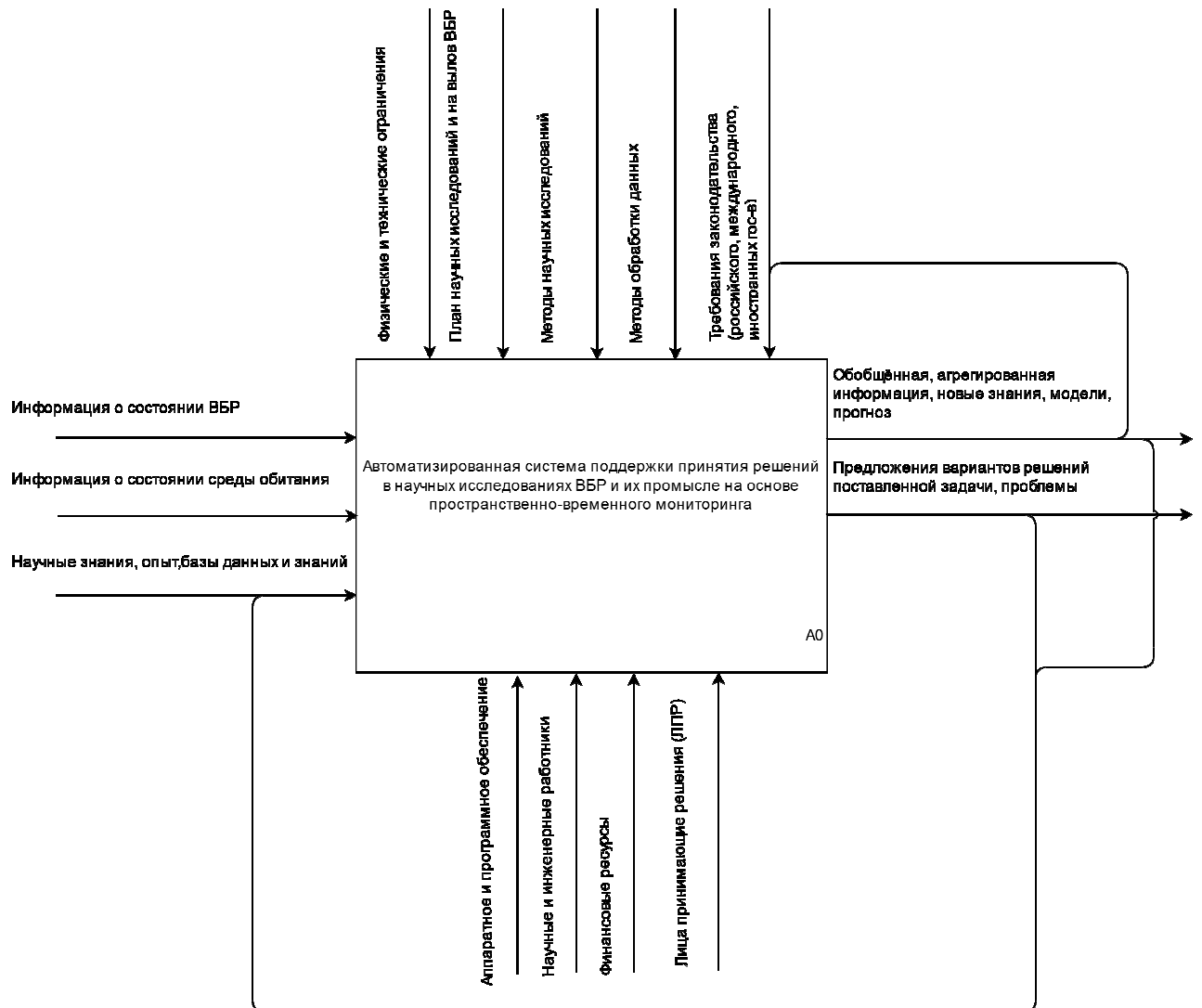


Рисунок 50 – Структурно-функциональная модель АСППР (контекстная диаграмма А0)

Структурно-функциональная модель АСППР после декомпозиции контекстной диаграммы А0 (рисунок 50) с целью определения связей между блоками системы будет выглядеть так, как показано на рисунке 51.

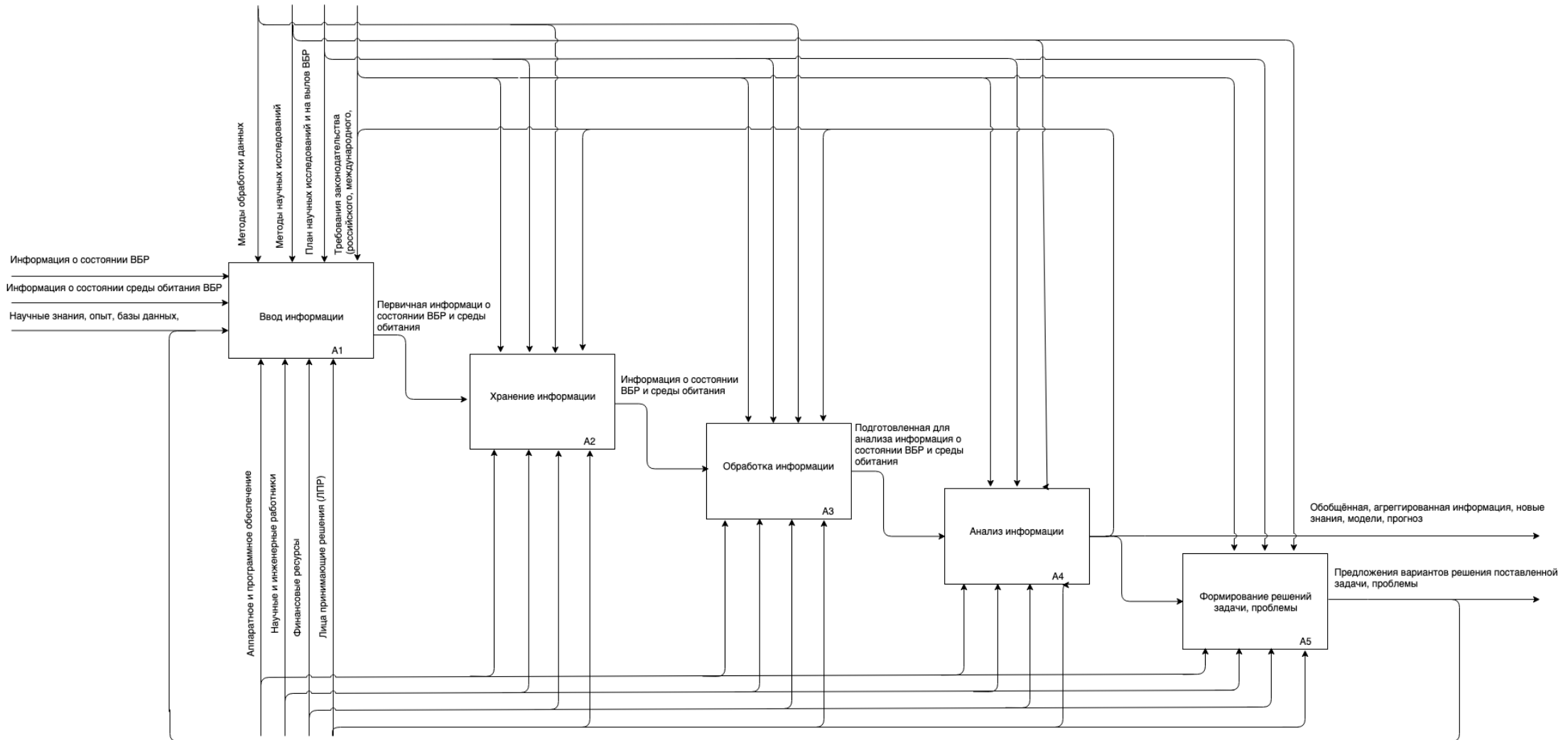


Рисунок 51 – Структурно-функциональная модель АСППР (декомпозиция модели А0 верхнего уровня)

АСППР предназначена для помощи ЛПР в обобщении, анализе информации и выработке решений проблем в исследованиях и промысле ВБР. Как уже указывалось, эти проблемы и ситуации являются слабоструктурированными (ill-structured) [153, 154, 67, 87], так как они описываются как количественными, так и качественными факторами и параметрами составляющих элементов. Исследование принятия решений в таких системах согласно современной теории поддержки и принятия решений может основываться на когнитивном моделировании [117, 156]. Такое моделирование применяется для повышения эффективности управления сложными системами. Такой является система: “промысел”-“ВБР”-“среда обитания ВБР”. При управлении этой системой часто встречаются слабоструктурированные проблемы, для анализа и моделирования которых возможно применение когнитивного моделирования, которое включает, прежде всего, такое понятие как когнитивная карта, отражающая причинно-следственные связи между элементами системы, ситуации или проблемы. Для наиболее полного описания слабоструктурированной ситуации когнитивную карту целесообразно представлять в виде ориентированного взвешенного графа, вершинам которого соответствуют факторы, выделяемые ЛПР как важные для отражения ситуации. При этом ребра (дуги) графа соответствуют причинно-следственным связям между факторами. Так, если фактор А является причиной фактора В, то связь между причиной и следствием: $A \rightarrow B$. Связь будет положительной, если увеличение А приводит к увеличению В. Связь отрицательная, если увеличение А вызывает уменьшение В.

Разработанные структурно-функциональные модели научных исследований и промысла ВБР (рисунки 4, 5), АСППР (рисунки 50, 51) и структура целей АСППР (рисунок 49) позволяют выделить набор групп параметров (факторов) АСППР и оценить причинно-следственные связи между ними.

Результатом моделирования системы с помощью когнитивных карт является последовательность векторов состояний, которые определяют состояние моделируемой системы в последующих итерациях. Результаты моделирования позволяют анализировать значение (степень значимости) каждого из факторов

через некоторое время. На результаты моделирования определяющее значение оказывает задание векторов начальной инициализации.

Существует 2 подхода разработки когнитивной карты: ручной и автоматический [160].

Ручная разработка включает следующие этапы:

1. определение важных факторов предметной области
2. определение причинно-следственных связей между ними
3. оценка значимости этих связей

Третий этап реализуется путём определения связи как положительной или отрицательной, обозначения связей нечеткими терминами (слабая, средняя, сильная, очень сильная). Затем эти нечеткие значения приводятся к числовым (слабая =0.25, средняя=0.5, сильная=0.75, очень сильная=1).

Недостатком ручной разработки нечетких карт является использование субъективных человеческих знаний. Это соответственно ставит задачу определения точности моделирования на их основе. Но необходимо принимать во внимание, что при решении задач в сложных системах (к которым относятся промысел и исследования ВБР) без человеческих знаний, мнения эксперта порой не обойтись. Во-первых, потому что нередко только они могут придать какую-то осмысленность автоматически выявленным связям, а в ситуации нехватки количественных данных о слабоструктурированной ситуации могут восполнить их качественными данными на основе знаний и опыта экспертов и ЛПР. Концепция АСППР разрабатывалась с учетом этого, и в ней предусмотрена возможность как автоматизированной ручной разработки когнитивных карт, так и автоматической на основе выявленных связей с помощью различных методов, прежде всего методов Data Mining (в частности построения деревьев решений и ассоциативных правил). Некоторые авторы предлагают использовать для этого генетические алгоритмы [160].

На основании выделенных факторов, которые необходимо учитывать в АСППР и используя разработанные структурно-функциональные модели научных исследований и промысла ВБР, структуру целей АСППР построена когнитивная

карта причинно-следственных связей АСППР как с внешним миром, так и между элементами самой системы (рисунок 52).

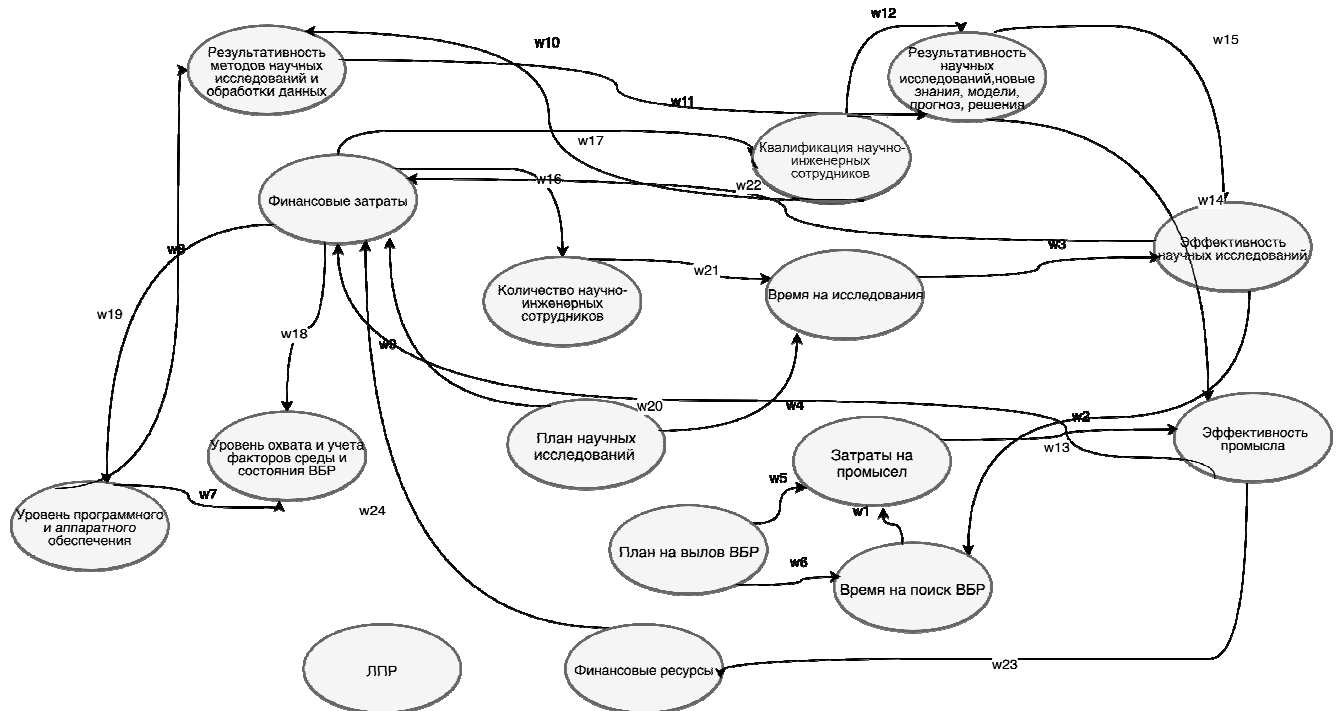


Рисунок 52 – Когнитивная карта причинно-следственных связей АСППР

На когнитивной карте АСППР у каждой связи должен быть определён весовой коэффициент w_i , указывающий на знак и величину связи между элементами и факторами системы. Эти коэффициенты для моделирования динамики системы могут на усмотрение ЛПР определяться автоматически или экспертно. После определения силы связи становится возможным проводить анализ изменения влияния элементов системы друг на друга в динамике после задания приращения какого-то фактора.

Анализ когнитивной карты позволяет уточнить структуру системы и выделить наиболее значимые факторы, влияющие на нее, оценить воздействие факторов друг на друга. Если в когнитивной карте выделены целевые и входные факторы, на которые можно воздействовать, то круг решаемых задач включает оценку достижимости целей, поиск решений. Используется математический аппарат двух типов: аппарат линейных динамических систем и аппарат нечеткой математики. [109]

Обычно при построении когнитивной карты ЛПР необходимо сначала четко определить набор элементов карты и составить матрицу смежности, состоящую из весовых коэффициентов. Это часто трудоёмкая задача, отнимающая много времени. Поэтому в составе АСППР создан модуль, автоматизирующий эту работу — эксперту-исследователю достаточно кнопками интерфейса и щелчками мыши набросать на поле элементы модели, нарисовать связи с весовыми коэффициентами, а модуль автоматически создаст матрицу смежности, которая может быть показана пользователю и будет использована в моделировании динамики системы. На основе этой матрицы смежности с помощью созданного модуля можно задать стартовые веса факторов, т.е. фактически задать решение, которое ЛПР может принять, и посмотреть на сценарий развития событий. Наиболее распространенным является интерпретация матрицы как преобразования процентных изменений причин в процентные изменения следствий. При анализе когнитивной модели важно учитывать циклы обратной связи – т.е. замкнутые пути на графе. Эти циклы могут быть усиливающими отклонение (если при перемножении знаков ребер получается «+») и стабилизирующие (если при перемножении знаков ребер получается «-»).

При принятии решений на основе когнитивного моделирования сложных ситуаций необходимо руководствоваться системно организованным процессом, состоящим из этапов построения когнитивной карты, её верификации, т.е. сравнении с реально имеющейся ситуацией, корректировка модели и затем с помощью скорректированной модели принятия решений по управлению ситуацией [63]. Общая постановка задачи получения прогноза развития ситуации следующая. Задано множество факторов ситуации F , определены шкалы факторов и когнитивная карта задана матрицей смежности W ориентированного графа. Пусть факторы ситуации характеризуются некоторыми начальными значениями, представленными в виде вектора начального состояния $X(0) = (x_1(0), \dots, x_n(0))$. Эксперт может увеличить или уменьшить начальные значения любых факторов $X(1) = (x_1(1), \dots, x_n(1))$. Приращение значения фактора $p_i(0) = x_i(1) - x_i(0)$ называется начальным импульсом, а вектор приращений $P(0) = (p_1(0), \dots, p_n(0))$ -

начальным вектором приращений. Требуется получить прогноз развития ситуации. Для получения прогноза развития ситуации в моделировании когнитивных карт записывается система конечно-разностных уравнений вида:

$$P(t + 1) = WP(t), (4)$$

где $P(t)$ и $P(t + 1)$ — векторы приращений значений факторов в моменты времени t и $t + 1$ (векторы импульсов). Состояние ситуации в момент времени $t + 1$ определяется из соотношения:

$$X(t + 1) = X(t) + P(t + 1), (5)$$

где $X(t)$ — состояние ситуации в момент времени t [63]. Одно из свидетельств о правильно выбранных коэффициентах и связях в модели будет заключаться в том, что любое такое воздействие постепенно затухает при воздействии на целевые факторы.

Разработан программный модуль в составе АСППР, реализующий созданную методику для построения когнитивных моделей взаимодействия биотических и абиотических факторов (рисунок 53).

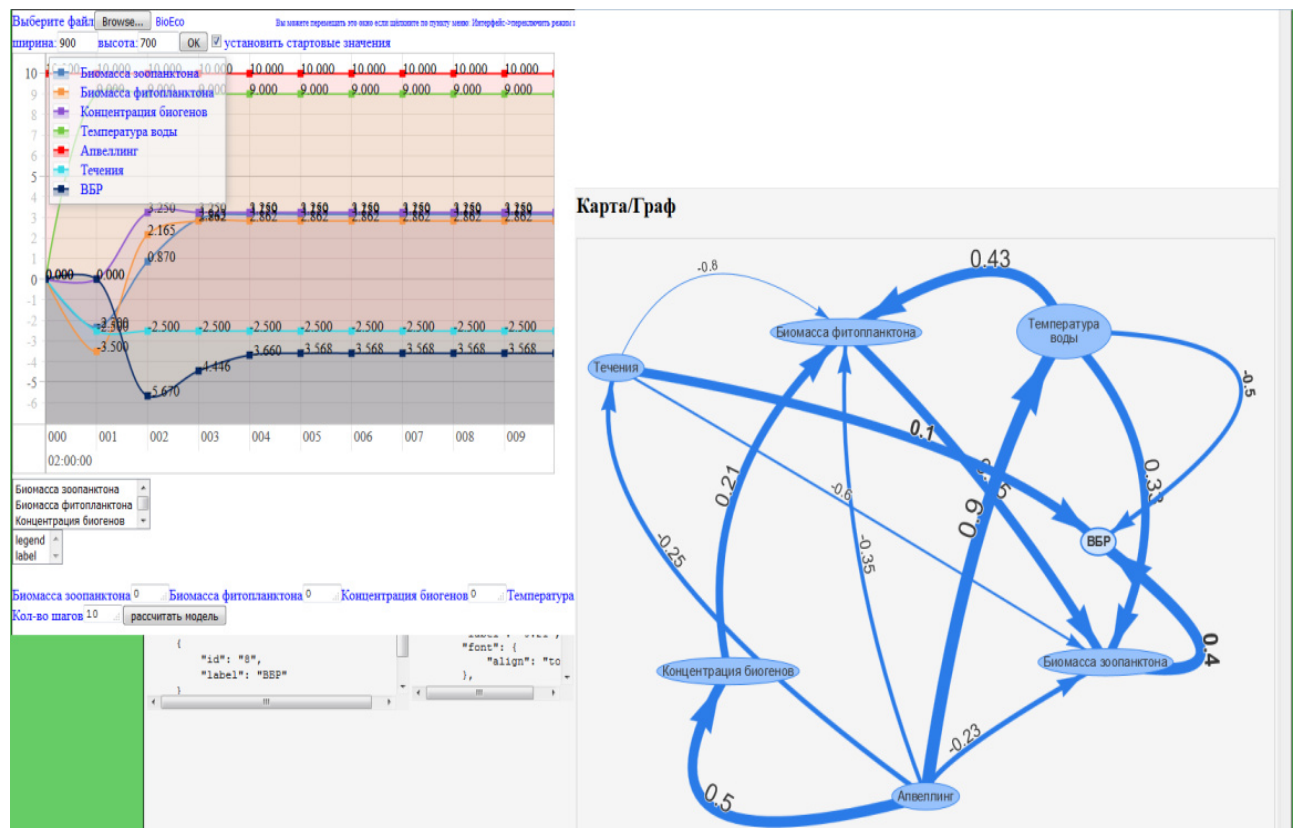


Рисунок 53 – Пример сформированной в АСППР когнитивной модели взаимодействия биотических и абиотических факторов среды обитания ВБР

Эта методика и модуль выступают в качестве инструмента поддержки решений задач научных исследований и промысла водных биоресурсов на основе совместного использования экспертной информации и данных пространственно-временного мониторинга. Таким образом, модуль АСППР для построения когнитивных моделей может использоваться как для анализа модели самой системы, так и для анализа моделей систем исследований и промысла ВБР. Когнитивную модель, показанную на рисунке 52, для наглядности можно анализировать по отдельным контурам. На рисунке 54 показан пример такого анализа в интерфейсе соответствующего модуля АСППР. Представлена матрица смежности для построения части когнитивной карты. Все выбранные факторы и их взаимное влияние определены в качестве примера.

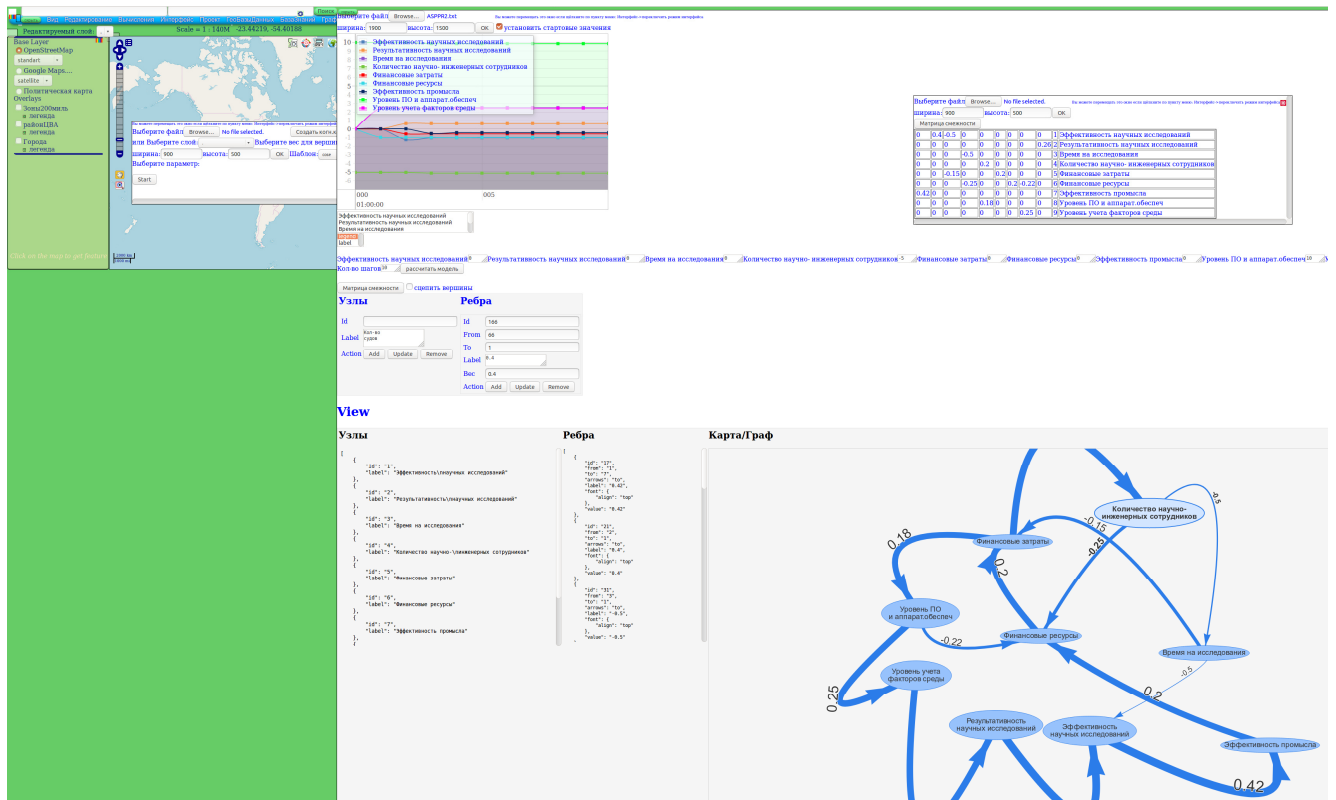


Рисунок 54 – Моделирование части когнитивной карты АСППР в интерфейсе АСППР – общий вид

Рассмотрим отдельно составные части интерфейса модуля когнитивного моделирования (рисунок 54) - когнитивную карту (рисунок 55) и график прогноза изменения (в процентном выражении) факторов или элементов АСППР на 10 временных интервалах вперед (рисунок 56). Видно, что при составленной таким образом модели, при улучшении уровня ПО и аппаратного обеспечения системы

на 10% и в случае сокращения количества научно-инженерных работников на 5%, уровень учета факторов среды увеличится на 2,5%, но время на исследования увеличится на 2,5%, а эффективность исследований уменьшится на 1%, хотя финансовые затраты упадут на 0,6%, но эффективность промысла упадет на 0,4%. Учитывая это, ЛПР может принять решение, соответствующее цели его управления в текущий момент. В данном случае рассчитана в качестве модели только часть общей когнитивной карты АСППР (рисунок 52), при рассмотрении других частей когнитивной карты и моделирования изменения других факторов ЛПР может получить обширный набор возможных решений для достижения заданных им целей.

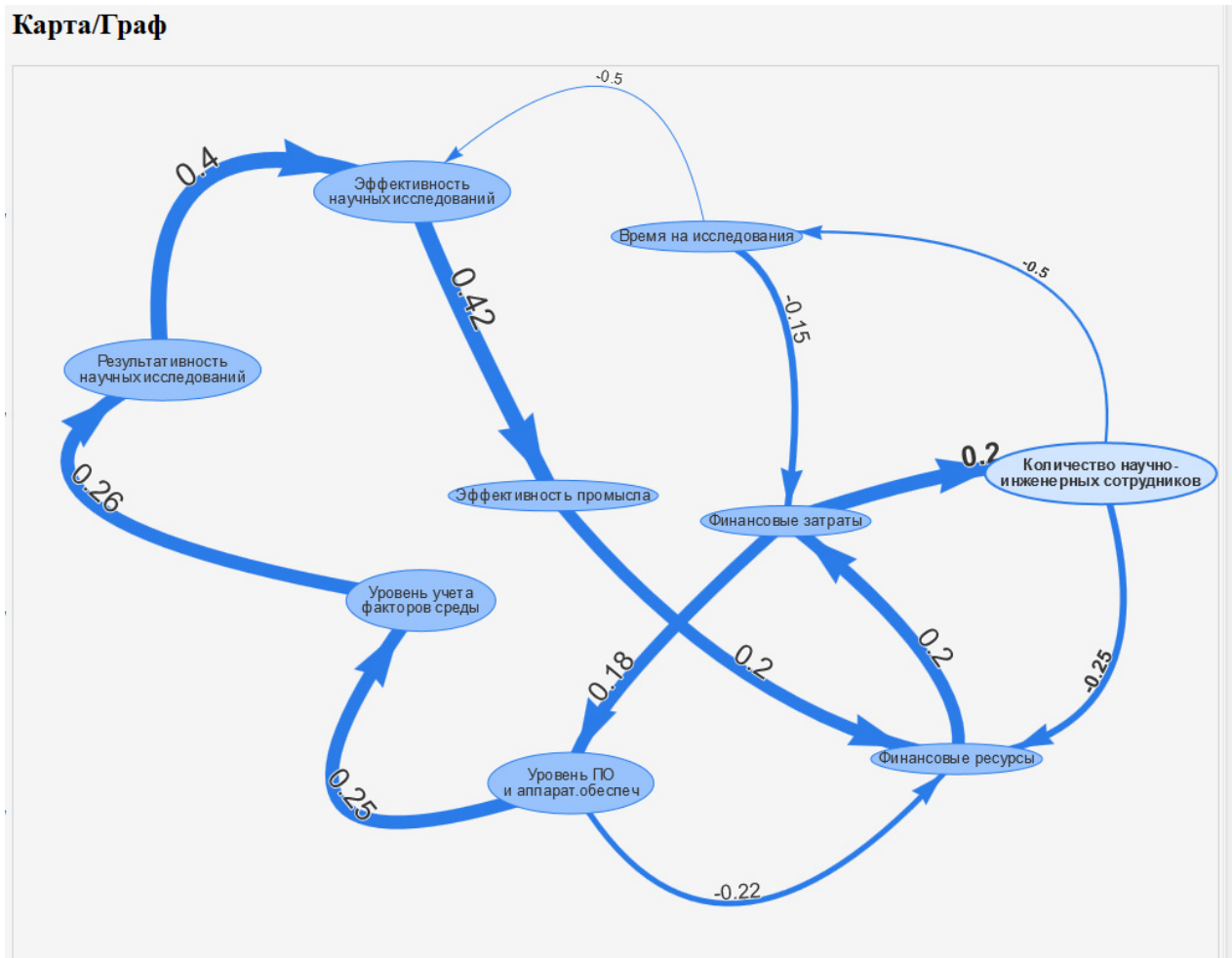


Рисунок 55 – Моделирование части когнитивной карты АСППР в интерфейсе АСППР - Когнитивная модель

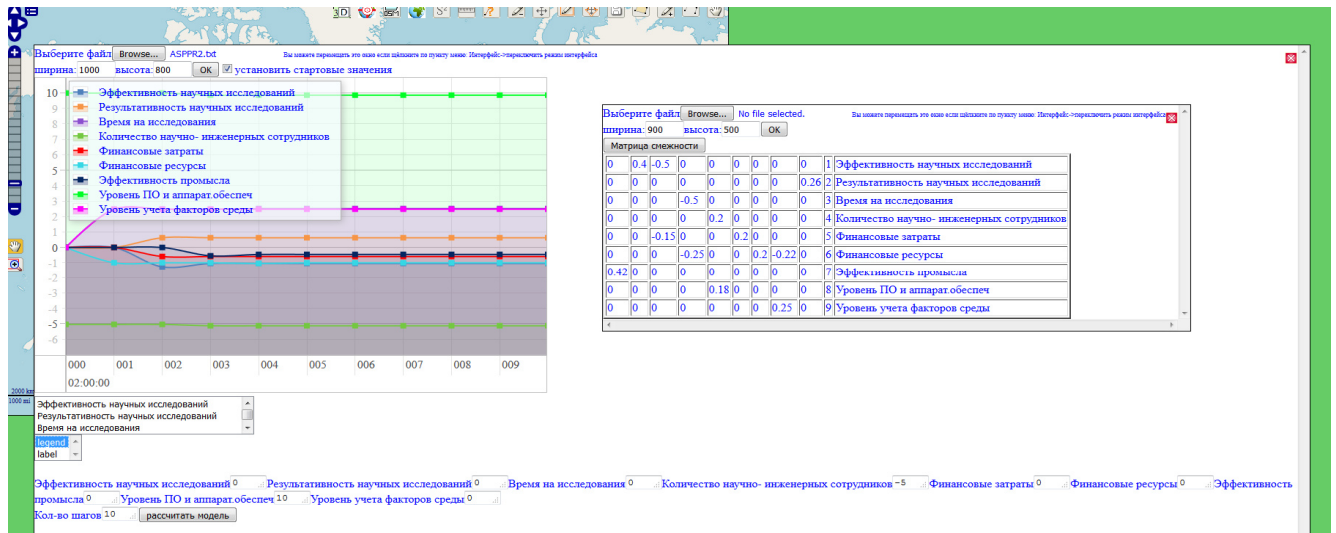


Рисунок 56 – Моделирование части когнитивной карты АСППР в интерфейсе АСППР - Прогноз развития ситуации и матрица смежности модели

На основании структурно-функционального и когнитивного моделирования АСППР следует сделать вывод, что АСППР должна содержать подсистемы ввода, хранения, обработки, анализа и формирования вариантов решений, и наличие экспертной оценки для решения задач, возникающих во время промысла и исследований ВБР. На основании этого составлена функциональная структура АСППР, которая показана на рисунке 57.

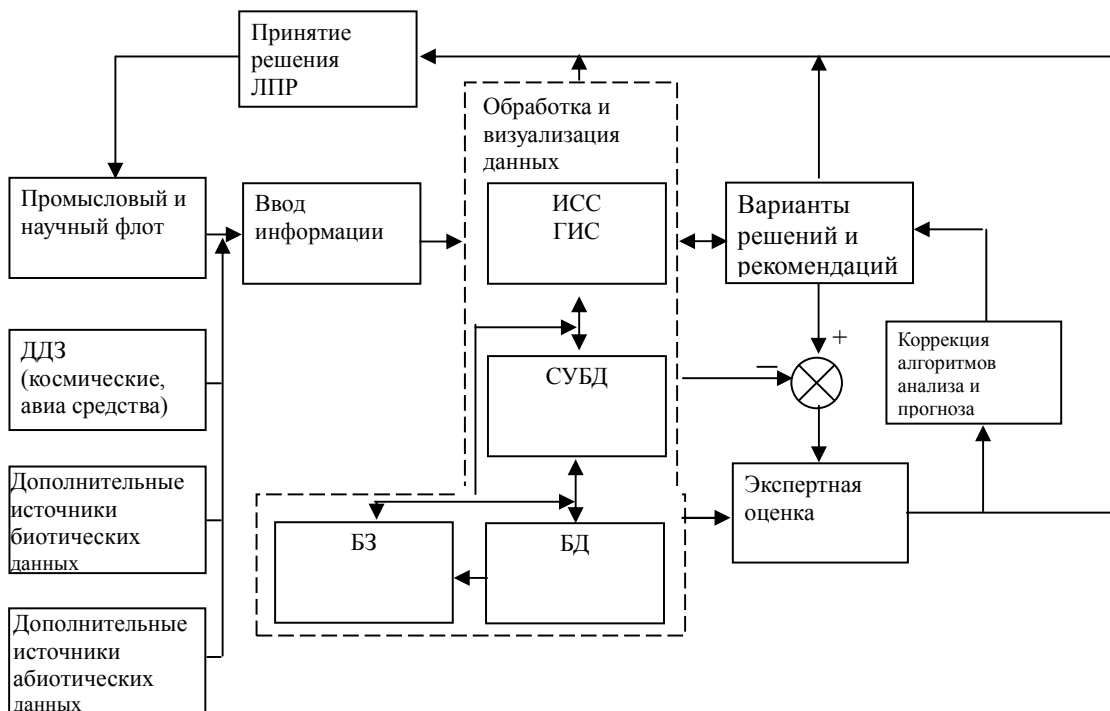


Рисунок 57 – Функциональная структура автоматизированной системы поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле на основе пространственно-временного мониторинга

Разработанная система представляет собой комплекс технических средств, с программно-математическим обеспечением для сбора, анализа, обработки, прогноза и отображения промысловой обстановки. В подсистему ввода автоматизированной системы поступает информация, получаемая спутниками Земли, авиационными средствами (ДДЗ), научно-исследовательскими и промысловыми судами. Подсистема обработки и визуализации данных включает программно-аппаратные средства, необходимые для комплексной обработки информации, направляемой в (из) СУБД, содержащую набор БД и БЗ по исследуемым объектам и районам промысла, подсистема включает модули, реализующие технологии анализа данных OLAP и Data Mining.

В блоке ввода информации помимо данных промыслового и научного лова, ДДЗ обязательно предусмотрена возможность ввода неограниченного набора дополнительных источников измеренных биотических и абиотических факторов. Абиотические факторы, которые необходимо учитывать, достаточно подробно перечислены в разделах 1.2, 2.1. Параметры биологического состояния и технологические характеристики также должны максимально полно учитываться в системе, если такое решение примет ЛПР. Обеспечение возможности приёма, ввода широкого набора данных и их структуры значительно повышает гибкость, востребованность системы и её эффективность. Алгоритмы обработки вводимой информации обладают адаптивностью к большому набору форматов данных.

База знаний может содержать типовые ситуации в интересующем ЛПР районе, описание основных особенностей поведения и распределения рыб, рекомендации по маневрированию флота, годы-аналоги в соответствии с текущей ситуацией и таким образом, БЗ описывает сценарии промысловой обстановки. Пример информации в базе знаний в АСППР с характерными периодами промысла в атлантической рыболовной зоне (АРЗ) Марокко показан в таблице 24.

Таблица 24 – Пример представления знаний о промысловой обстановке

Период	Отклонение ТПО от среднемноголетних значений, °С		
	Близкое к среднемноголетним значениям (от -0,2 до +0,2)	Аномалия	
		выше среднемноголетних значений на +0,3 и более	ниже среднемноголетних значений на -0,3 и менее
I период (январь-май)	<p>Этот период, в целом, относится к холодному гидрологическому сезону, и лишь к его завершению начинается процесс сезонного потепления. Доминирующее влияние на ход промысла в это время оказывает апвеллинг в районе 24-26° с.ш., с его активностью, обостренностью градиентных зон, в основном, и связано развитие промысла. В целом, период благоприятен для ведения промысла скумбрии, преимущественно на севере – 24-26° с.ш.</p> <p>В начале периода (в январе) рекомендуется вести промысел на севере района, в пределах 25°00'-26°10' с.ш. Ночью на глубинах 80-100 м, днем – 110-400 м облавливаются разноразмерная скумбрия с приловом европейской ставриды и морских карасей, причем до 70-80% в уловах может составлять мелкая скумбрия с модальными классами 17-23 см.</p>	<p>Повышенный температурный фон благоприятно влияет на ход промысла в этот период.</p> <p>В первой половине периода наиболее стабильный промысел возможен на севере зоны, в пределах акватории 24-26° с.ш. Частые и продолжительные адвекции теплых вод открытого океана в пределы шельфа способствуют формированию и уплотнению градиентных зон между теплыми водами океана и апвеллингом, что способствует высокой производительности лова.</p> <p>Во второй половине периода промысел скумбрии смещается южнее, вплоть до 23° с.ш.</p>	<p>Отрицательный температурный фон негативно сказывается на промысле в этот период.</p> <p>При подобном сценарии развития гидрологических условий наблюдается значительное выхолаживание шельфовых вод практически по всему району промысла.</p> <p>В этих условиях скопления крупной скумбрии рассредотачиваются и оттесняются за пределы шельфа. Практически весь период на традиционных промысловых участках доминируют сардина и разноразмерная европейская ставрида.</p>

Источником описания характерных периодов промысла могут являться такие источники знаний как методические обзоры, статьи, монографии. Например, методическое пособие по прогнозированию в АРЗ Марокко [70], в котором информация структурирована в виде, показанном в таблице 24.

Во время обработки информации осуществляются процедуры приведения данных к одному формату и их верификация. Для пространственной визуализации данных используется ГИС, в которой осуществляется построение карт

распределения параметров, характеризующих состояние среды обитания ВБР. Базы данных, СУБД и ГИС функционируют в тесном информационном взаимодействии. Результаты прогнозирования и текущая ситуация в промысловых районах проходят экспертную оценку, с использованием которой принимаются решения о перспективности районов промысла и научных исследований. После получения информации о фактических уловах и распределении, состоянии ВБР происходит оценка достоверности прогноза в блоке суммирования. В случае большого рассогласования эксперты выясняют причину и осуществляют корректировку обработки поступающих данных и прогноза.

Основными функциями АСППР являются: ввод, систематизация и архивирование оперативных данных промысла, состояния ВБР и среды их обитания; формирование или информационная поддержка рыбопромысловых прогнозов; информирование потребителей, ЛПР о результатах анализа данных и промысловой обстановки; участие в обеспечении и сопровождении научных программ по исследованию состояния ВБР и океана, как среды обитания водных биоресурсов.

2.3. Алгоритмы обработки промысловой статистики, биологических и абиотических факторов среды в системе

Для обработки информации из различных источников в АСППР созданы соответствующие программные модули, которые реализуют алгоритмы обработки данных и сведения их в БД. При разработке алгоритма создания БД особое внимание обращалось на важность сохранения первичной информации с максимальной детализацией, так как в научных исследованиях и промысле никогда точно не известно, какая информация понадобится в дальнейшем, а возвращение к первичным бумажным материалам становится в некоторых случаях уже невозможным. Выбор СУБД, формата БД и интерфейсной оболочки должны позволять эксперту и ЛПР самостоятельно работать с данными (без привлечения программистов) и осуществлять экспорт данных в другие форматы и пакеты программ (Statistica, Excel, ГИС-системы и др.).

Всем перечисленным требованиям соответствует алгоритм создания и пополнения БД под управлением СУБД Microsoft SQL Server или PostgreSQL, представленный на рисунке 58.

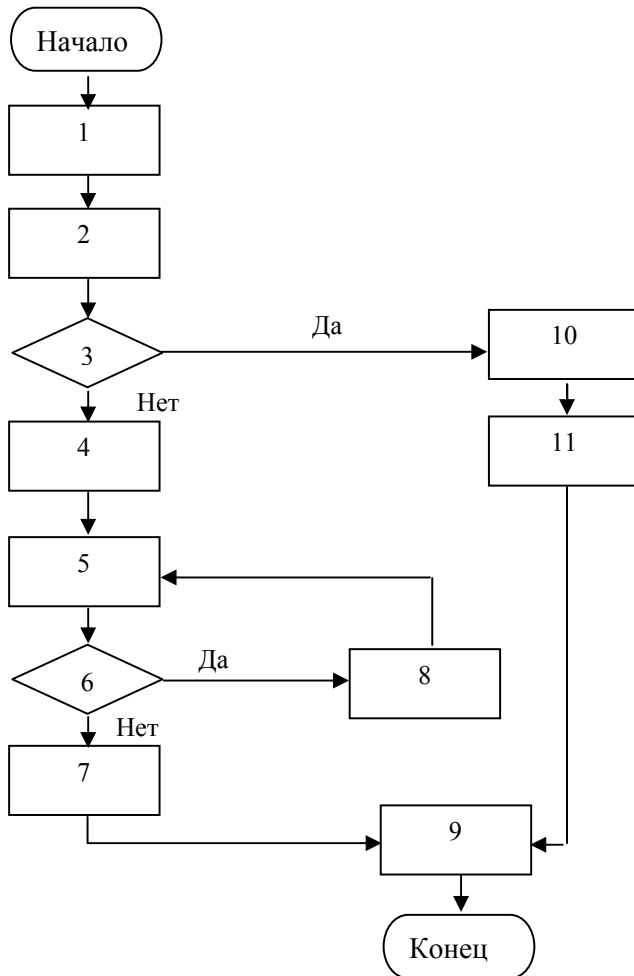


Рисунок 58 – Блок-схема алгоритма создания и пополнения БД

На рисунке 58 блоки алгоритма обозначены следующим образом: 1- Разработка технического задания на создание или пополнение БД, 2 – Анализ бумажного или электронного архива информации, 3 – Проверка наличия требуемой информации (логического блока информации: научно-исследовательский рейс, ССД и т.п.), 4 – Использование программ ввода данных, 5- Использование программ тестирования данных на наличие ошибок, 6 – Проверка наличия ошибок, 7,11 – Преобразование файлов в требуемую структуру, 8 – Исправление ошибок, 9 – Формирование или пополнение БД под управлением СУБД, 10 – Отбор информации по запрашиваемым логическим блокам (рейс, ССД).

При разработке структуры каждой БД использовалась методика на основе семантического моделирования для построения реляционной схемы базы данных. Часто разработчики применяют её на интуитивном уровне, но построение схемы БД в АСППР осуществляется путем точного применения этой методики, так как это формализует и повышает эффективность процесса построения схемы БД. Разработка схемы БД в АСППР начинается с создания ER-модели (англ. entity-relationship model), то есть модели «сущность-связь». ER-модель представляет собой схему, составными элементами которой являются: сущность - объект, информацию о котором необходимо хранить в БД; связь - отображаемая графически на диаграмме ассоциация между сущностями. Для каждой стороны этой связи устанавливаются: степень связи (количество связанных экземпляров).

Пусть необходимо хранить информацию о судах и их промысловых операциях (тралениях). Построим соответствующую диаграмму (рисунок 59).



Рисунок 59 – ER -диаграмма связи Судно-Траление

Со стороны сущности «Траление» связь обозначена дополнительным прямоугольником — это значит, что каждому экземпляру сущности «Траление» соответствует экземпляр сущности «Судно». Степень «М» означает, что для каждого экземпляра сущности «Судно» могут существовать несколько экземпляров сущности «Траление», но не наоборот, поскольку каждое траление производится только одним (степень «1») судном (исключение, только если траление осуществляется близнецовым тралом). Сущность переходит в отношение путем выделения её из ER-диаграммы. Рассмотрим этапы проектирования ER-диаграммы и соответственно БД, которые применяются в качестве источника информации в АСППР. Концептуальное проектирование состоит из построения ER-диаграммы, включающей в себя все сущности и связи. При этом получается концептуальная (инфологическая) модель. Допустим, нужно построить базу данных, в которой необходимо хранить полную информацию о

тралениях, судах, ВБР выловленных в результате траления. Для каждого траления есть список элементов этого траления (дата, тип трала, глубина траления, широта, долгота начала и окончания траления, общий вылов, вылов каждого вида и т.п.). Диаграмма в этом случае выглядит так, как показано на рисунке 60.

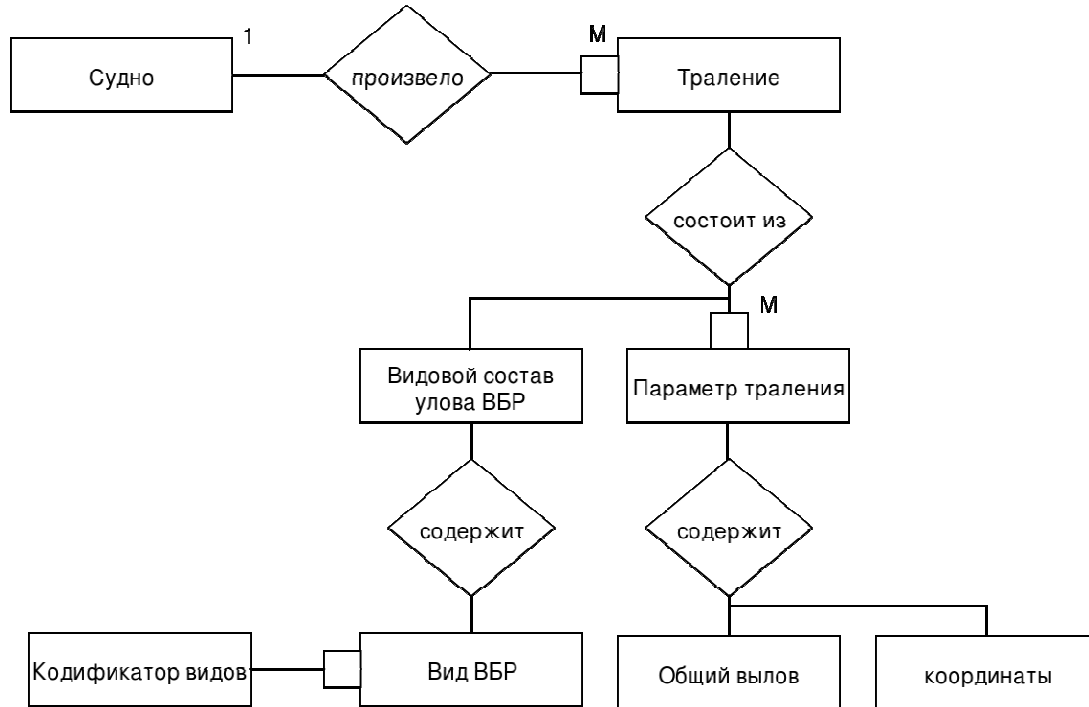


Рисунок 60 – ER-диаграмма отношений Судно-Траление-Результаты траления

Логическое проектирование включает построение набора предварительных отношений с указанием первичного ключа для каждого отношения. Составляется список атрибутов, затем эти атрибуты распределяются по отношениям. Переход к реляционной структуре (построение набора отношений) производится по нескольким правилам [89]. Реализация описанной методики ER-моделирования отражена в схеме реляционной БД “Биология океанических районов” (рисунок 31). После создания БД они посредством АСППР становятся доступны ЛПР. В АСППР должна осуществляться и одновременная выборка из нескольких БД, т.е. реализовываться так называемая интеграция БД. Алгоритм, показывающий порядок выполняемых АСППР операций для предоставления ЛПР первичной информации из нескольких БД, показан на рисунке 61.

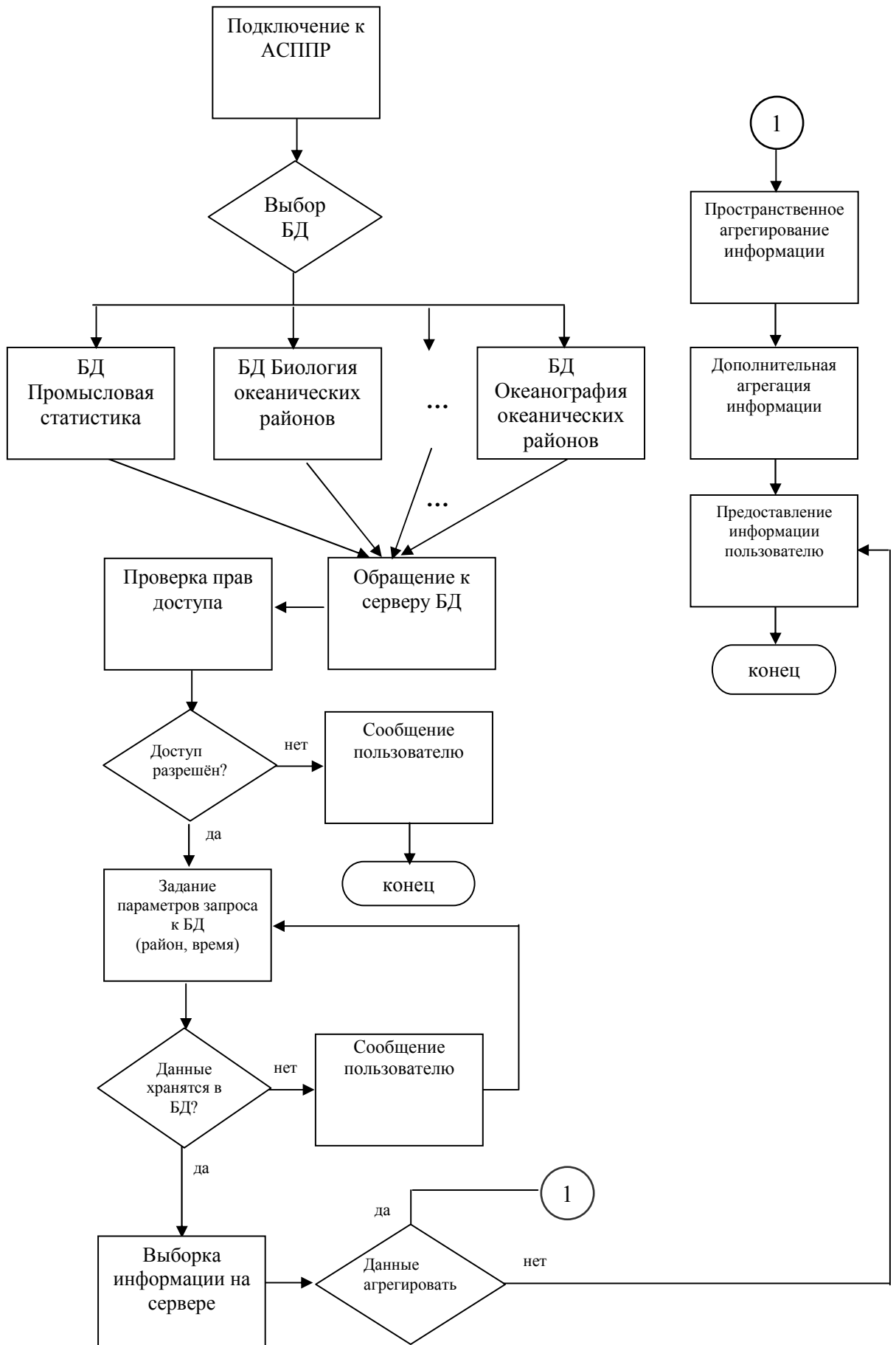


Рисунок 61 – Алгоритм работы эксперта (ЛПР) с базами данных в АСППР

При выборе в качестве источника информации БД “Промысловая статистика” ЛПР получает данные с промысла. Для работы с такими данными (ССД), поступающими из Информационного узла ОСМ (ИУ ОСМ), создан модуль для преобразования данных в структуру, соответствующую информационным потребностям ЛПР и экспертов. Интерфейс модуля показан на рисунке 62.

Pr_id	Pr_date	Region	Ship_num	Latitude	Longitude
38376	01/01/18	108	M-0123	70.52002	4
38486	01/02/18	108	M-0123	71.04998	4
38601	01/03/18	108	M-0123	71.00000	4
38715	01/04/18	108	M-0123	71.01998	4
38825	01/05/18	108	M-0123	70.54000	40.31998
38969	01/06/18	108	M-0123	70.49998	40.25002
39123	01/07/18	108	M-0123	71.07002	41.03000
39271	01/08/18	108	M-0123	71.49002	44.19002
39421	01/09/18	108	M-0123	71.58998	45.51000
39577	01/10/18	108	M-0123	71.58002	46.27000
39743	01/11/18	108	M-0123	70.43002	40.15000
40856	01/19/18	501	K-2011	54.39000	20.07002
42387	01/28/18	502	K-2027	59.46002	27.15000
42737	01/30/18	207	MK-0226	70.55002	17.40002
43321	02/02/18	207	MK-0549	70.55998	18.16998
43589	02/04/18	501	K-2050	54.39000	20.07998
45277	02/12/18	207	MK-0549	67.22998	10.10002
45322	02/13/18	108	VN-123	74.19002	52.01002

Pr_id	Pr_date	Ship_num	Type	Vid	Caught	Region
40856	01/19/18	K-2011	196	173	0.45000	501

Pr_id	Pr_date	Region	Ship_num	Latitude	Longitude	Caught	Cnt_pr_dat
40856	01/19/18	501	K-2011	54.39000	20.07002	25.08000	1

Рисунок 62 – Интерфейс модуля для первичной обработки ССД

Модуль осуществляет преобразование данных ИУ ОСМ в структуры и форматы, соответствующие задачам АСППР (форматы .dbf, .xls и другие).

Ежедневная обработка ССД с промысла, включая текущую дату, сводится к выполнению следующих операций:

- преобразование форматов данных ИУ ОСМ;
- обработка запросов к БД ИУ ОСМ;
- ведение кодификаторов типов судов, видов ВБР, наименований судов, регионов;
- формирование выходных форм по заявкам потребителей информации;
- формирование таблиц для загрузки в БД.

Алгоритм обработки промысловой статистики представлен на рисунке 63.

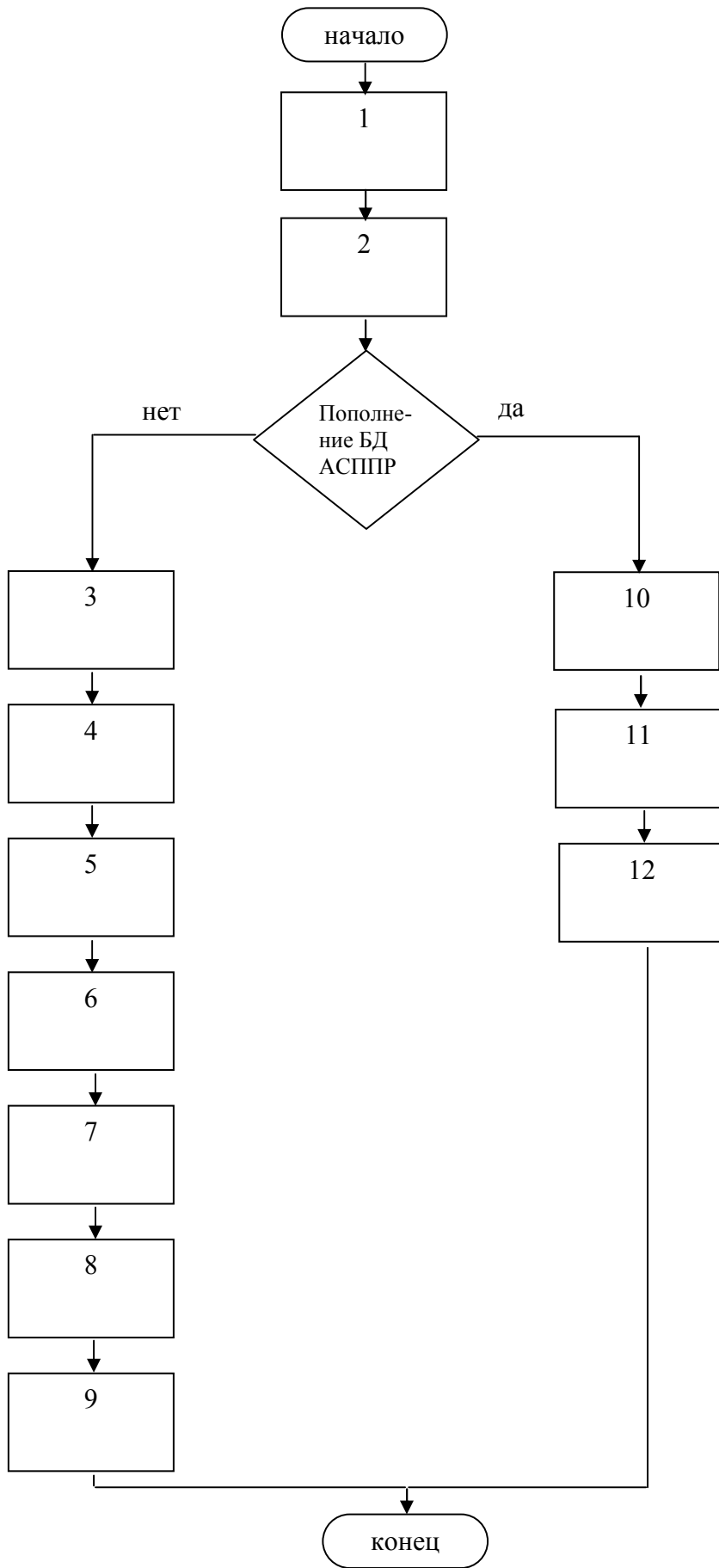


Рисунок 63 – Алгоритм обработки промышленной статистики в АСППР

Процесс обработки ССД в АСППР разделяется на два технологических процесса. Первый процесс заключается в формировании таблиц с результатами обработки по текущим запросам отдельных потребителей информации о промысле. Второй процесс заключается в преобразовании ССД из ОУ ОСМ для добавления в БД АСППР. На рисунке 63 блоки алгоритма формирования таблиц по текущим запросам отдельных потребителей информации обозначены следующим образом:

- 1 - пополнение кодификатора типов судов;
- 2 - проверка на наличие новых видов ВБР в кодификаторе;
- 3 - преобразование координат (доли градуса в минуты);
- 4 - формирование файла .dbf формата, содержащего электронную таблицу (часть таблицы показана на рисунке 64), в которой поля содержат названия судов, их типы, названия судовладельцев, координаты ССД, районы промысла, уловы вида ВБР за каждую дату;
- 5 - замена названия района по кодификатору районов промысла;
- 6 - замена типов судов по кодификатору в соответствии с принятыми в организации наименованиями типов судов;
- 7 - удаление дублей ССД;
- 8 - выделение новой порции ССД, содержащей, только те ССД, которых не было в порции за предыдущие сутки;
- 9 - создание дополнительных столбцов со сведениями о промысловых операциях, затратах календарного времени, дислокации судов, квотах, выпуске рыбопродукции на борту, технических данных судов и их судовладельцах.

Блоки алгоритма выше указаны для случая, когда таблица формируется, в том числе и для целей, описанных в работе Дубищука М.М. [32]. При формировании таблиц для других целей функциональное наполнение блоков алгоритма может отличаться.

Обозначение блоков (рисунок 63) при обработке ССД из ИУ ОСМ для добавления в БД АСППР выглядит следующим образом:

- 1 - пополнение кодификатора типов судов, наименования судов, районов;

2 - проверка на наличие новых видов ВБР в кодификаторе;

10 - формирование таблиц PR_STAT и PR_VID. PR_STAT - содержит данные по судам, их типам, регионам с общим суточным выловом (рисунок 65). PR_VID – содержит данные по объёму вылова каждого судна и видовому составу улова (рисунок 66);

11 - выделение новой порции ССД, содержащей, только те ССД, которых не было в порции за предыдущие сутки;

12 - добавление информации из таблиц PR_STAT, PR_VID и кодификаторов в базу данных АСППР.

Reg_num	Reg_name	Dat	Vess_num	Vess_name	Fish_base	Vess_type	Lat	Lng	Catch_dept	Act	Oper	Catch	Vidmax	Catch_volu
60	подрайон 26 Балт.м	05/02/18	K-2173	Удрия	4	НЕОПР	54.39	20.08	0	лов		1.222	TRES	0.000
1	Барен.м.Россия	05/04/18	T-69T	Оттар	99	НЕОПР	68.57	42.49	0	лов		0.124	TULG	15.000
1	Барен.м.Россия	05/05/18	T-69T	Оттар	99	НЕОПР	68.54	42.58	0	лов		0.093	TULG	15.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/05/18	K-2173	Удрия	4	НЕОПР	55.00	19.42	0	лов		5.215	TRES	0.000
1	Барен.м.Россия	05/06/18	T-69T	Оттар	99	НЕОПР	68.59	42.57	0	лов		0.001	TULG	15.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/06/18	K-1772	МРТК-1129	4	МРТК	55.03	19.47	73	лов		4.947	TRES	0.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/06/18	K-2171	МРТК-0726	99	НЕОПР	55.07	19.49	0	лов		2.056	TRES	0.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/06/18	K-2173	Удрия	4	НЕОПР	54.59	19.43	0	лов		5.096	TRES	0.000
1	Барен.м.Россия	05/07/18	T-69T	Оттар	99	НЕОПР	69.00	43.52	0	лов		0.239	TULG	15.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/07/18	K-1772	МРТК-1129	4	МРТК	54.38	19.52	75	лов		2.445	TRES	0.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/07/18	K-2171	МРТК-0726	99	НЕОПР	55.10	19.49	0	лов		2.027	TRES	0.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/07/18	K-2173	Удрия	4	НЕОПР	54.39	19.50	0	лов		2.831	TRES	0.000
1	Барен.м.Россия	05/08/18	T-69T	Оттар	99	НЕОПР	68.52	43.43	0	лов		0.348	TULG	15.000
99	подрайон 32 Балт.м	05/08/18	K-2183	МРТК-0775	4	МРТК	59.49	27.53	25	лов		30.260	SELB	0.000
1	Барен.м.Россия	05/09/18	T-69T	Оттар	99	НЕОПР	68.53	44.23	0	лов		0.263	TULG	15.000
99	подрайон 32 Балт.м	05/09/18	K-1410	МРТК-1051	4	МРТК	59.40	28.18	22	лов		13.120	SELB	0.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/09/18	K-2178	Марлин	4	РТИП	54.39	20.07	70	лов		13.380	CHPB	0.000
1	Барен.м.Россия	05/09/18	M-0228	Проект	3	РТИП	70.10	42.07	94	лов		7.929	KAMM	249.600
1	Барен.м.Россия	05/09/18	MK-0369	Марта Арендзее	3	ТСМ	70.55	36.58	180	лов		24.105	TRES	32379.070
99	подрайон 32 Балт.м	05/09/18	СП-3966	МРТК-0770	0	НЕОПР	59.40	28.18	40	лов		13.160	SELB	0.000
99	подрайон 32 Балт.м	05/09/18	СП-4568	Сириус-1	0	НЕОПР	60.00	27.42	47	лов		9.840	SELB	0.000
1	Барен.м.Россия	05/10/18	T-69T	Оттар	99	НЕОПР	68.53	43.46	0	лов		0.200	TULG	15.000
7	о-ва Фареры	05/10/18	AK-0445	Арктика	1	НЕОПР	61.14	-7.27	412	лов		253.520	PTSU	15304.000
2	Барен.м.Нор-Рос	05/10/18	AK-0657	Капелан	1	СЯМ	71.43	34.46	246	лов		12.407	TRES	32379.070
5	Норвежская экзон. зона	05/10/18	AK-0738	Архангельск	1	РТИП	73.58	18.07	176	лов	2	24.370	TRES	0.000
3	Барен.м.Шпицбер.	05/10/18	AK-0740	Антиас	1	НЕОПР	74.38	26.34	350	лов		16.565	TRES	0.000
7	о-ва Фареры	05/10/18	AK-0749	Капитан Горбачёв	1	НЕОПР	61.05	-7.32	350	лов		150.150	PTSU	15304.000
3	Барен.м.Шпицбер.	05/10/18	AK-0751	Ачинск	1	НЕОПР	74.09	17.26	200	лов		34.265	TRES	0.000
3	Барен.м.Шпицбер.	05/10/18	AK-0752	Ветлуга	1	НЕОПР	74.12	17.33	200	лов		32.018	TRES	0.000
1	Барен.м.Россия	05/10/18	Балтик Форвард	Балтик Форвард	4	НЕОПР	74.54	45.36	0	пром				0.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/10/18	K-1381	Матросово	4	МРТК	54.56	19.34	80	лов		0.434	TRES	0.000
99	подрайон 32 Балт.м	05/10/18	K-1410	МРТК-1051	4	МРТК	59.59	28.08	72	лов		11.180	SELB	0.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/10/18	K-1509	МРТК-1067	4	МРТКм	54.44	19.43		пром				0.000
14	Откр.ч.СА(Рейкьянес)	05/10/18	K-1673	Коломенское	4	ТСМ	61.32	-28.55	680	лов		17.029	DKNM	0.000
14	Откр.ч.СА(Рейкьянес)	05/10/18	K-1676	Карачарово	4	ТСМ	61.42	-29.07	560	лов		22.491	DKNM	0.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/10/18	K-1742	МРТК-1117	4	МРТКм	55.06	19.12		пром				0.000
60	подрайон 26 Балт.м	05/10/18	K-1743	МРТК-1118	4	МРТКм	54.43	19.45		пром				0.000
7	о-ва Фареры	05/10/18	K-1749	Куршская коса	4	БАТАм	62.07	-6.43	0	пром				0.000

Рисунок 64 – Преобразованная таблица ССД

1	PR_ID	PR_DATE	REGION	SHIP_NUM	LATITUDE	LONGITUDE	CAUGHT
2	1	01.02.2018	108	0	70,01998	35,25998	0,00000
3	2	01.02.2018	206	AK-0445	70,09000	31,37002	0,00000
4	3	01.02.2018	108	AK-0657	71,25002	42,15000	18,75800
5	4	01.02.2018	207	AK-0738	71,37002	24,49002	12,14800
6	5	01.02.2018	108	AK-0740	71,19998	35,49002	13,84000
7	6	01.02.2018	108	AK-0749	71,37002	38,33000	0,00000
8	7	01.02.2018	108	AK-0751	71,16998	36,07998	0,00000
9	8	01.02.2018	108	AK-0752	71,09000	40,27000	20,12200
10	9	01.02.2018	207	AK-0777	70,39000	20,01998	20,85400
11	10	01.02.2018	116	Балтик Форвард	62,16002	-6,03000	0,00000
12	11	01.02.2018	519	И-0032	39,28002	49,46998	0,31000
13	12	01.02.2018	519	И-0079	39,28002	49,48000	1,74800
14	13	01.02.2018	501	K-1381	54,58002	19,34002	2,36300

Рисунок 65 – Таблица PR_STAT

1	PR_ID	PR_DATE	TYPE	SHIP_NUM	VID	CAUGHT
2	515	03.02.2018	127	MH-0122	414	0,84000
3	515	03.02.2018	127	MH-0122	439	1,36800
4	515	03.02.2018	127	MH-0122	453	0,20000
5	515	03.02.2018	127	MH-0122	512	9,28000
6	515	03.02.2018	127	MH-0122	556	0,02000
7	699	04.02.2018	127	MH-0122	512	1,18000
8	699	04.02.2018	127	MH-0122	645	8,18000
9	699	04.02.2018	127	MH-0122	738	0,28000
10	860	05.02.2018	127	MH-0122	414	0,80000
11	860	05.02.2018	127	MH-0122	439	0,03600
12	860	05.02.2018	127	MH-0122	453	0,12000
13	860	05.02.2018	127	MH-0122	512	20,22000
14	860	05.02.2018	127	MH-0122	645	3,04000

Рисунок 66 – Таблица PR_VID

Необходимость выполнения операции 11 обусловлена вероятностью отправки с промысла уточняющих ССД за предыдущие сутки, неделю, месяц.

В научных организациях рыбной отрасли за последние десятилетия накоплены большие объёмы информации по биологии и вылову различных видов ВБР, факторам среды их обитания. Для ВБР характерны значительные межгодовые изменения численности и биомассы под влиянием природных факторов и промысла. В связи с этим важное значение имеют достоверные оценки состояния запасов, тенденций их изменений на основе накопленной информации. Один из подходов к классификации современных методов оценки запасов - это подход на основе требуемой для этих методов исходной информации. Согласно классификации Шепарда (1988) и Хилборна (1992), можно выделить методы:

- использующие данные по возрастному составу уловов,
- использующие размерную структуру улова,
- использующие продукционные модели.

В последнее время дополнительно обозначилась группа методов, которая занимает промежуточное положение между продукционными моделями и моделями на базе возрастного состава уловов [142, 144]. Наибольшее распространение на практике получили методы, основанные на возрастной структуре уловов - виртуально-популяционный анализ (ВПА). Для корректировки результатов расчетов по ВПА используются связи урожайности поколений с условиями среды, возрастная динамика уловистости, зависимости «запас-пополнение», а также результаты гидроакустических и траловых съемок.

Применяются различные модификации ВПА. Среди последних чаще других используются «расширенный анализ выживаемости», «интегрированный анализ уловов», «мгновенный сепарабельный ВПА», «адаптивный подход».

Рассмотрим динамическую продукционную модель, простейшая форма которой формулируется следующим образом.

Динамика популяции описывается во времени в терминах ее биомассы:

$$B_{y+1} = B_y + G(B_y) - C_y, \quad (6)$$

где B_y - биомасса популяции на начало года; $G(B_y)$ - продукционная функция; C_y - величина вылова в году.

Биомасса B_y связана с величиной вылова на усилие $срue_y$, которая является наблюдаемой величиной, выражением (уравнение наблюдения):

$$срue_y = q \cdot \frac{B_y + B_{y+1}}{2}, \quad (7)$$

где q - коэффициент улавливаемости.

Динамика биомассы по годам определяется продукционной функцией, которая может быть задана в разной форме. Наибольшее распространение получила продукционная функция Шефера:

$$G(B_y) = r \cdot B_y \cdot \left(1 - \frac{B_y}{K}\right) \quad (8) \text{ и функция Фокса: } G(B_y) = r \cdot B_y \cdot \left(1 - \frac{\ln(B_y)}{\ln(K)}\right), \quad (9)$$

где r и K - параметры модели, K - величина биомассы популяции в равновесном состоянии до начала эксплуатации, r - мгновенный темп роста.

Предположим, что в момент времени y_1 (до начала эксплуатации) $B_1 = K$. Тогда, чтобы описать динамику популяции с помощью продукционной модели, необходимо определить следующие неизвестные величины r , K , q . Сделать это можно, например, применяя метод наименьших квадратов. Определим для этого объектную функцию:

$$SS(r, K, q) = \sum_{y=1}^{y_k} \left[\ln(срue_y) - \ln(срue_y^{calc}) \right]^2 \quad (10).$$

Приведенная форма динамической продукционной модели была предложена Butterworth D., Andrew [140].

Оценки запасов ВБР с использованием описанных и других моделей автоматизируются в АСППР путем добавления соответствующего модуля. В качестве уточнений к прогнозам состояния запасов пелагических рыб в последние годы используются также выявленные ранее связи между глобальными параметрами циркуляции атмосферы и океана, а также скоростью вращения Земли и биомассой объектов промысла.

Концепция разработанной системы предполагает автоматизацию расчетов широкого набора методов [72] оценки запасов ВБР совместно с первичной обработкой результатов биологических данных, гидрологических и ССД представленных выше. Это необходимо для того чтобы эксперты и ЛПР не расходовали неэффективно своё время на работу с разнообразными программами первичной обработки информации, для получения данных, которые являются входными для описанных модельных расчетов. К сожалению, в научных организациях до сих пор тратятся большие трудовые и временные ресурсы на отдельную работу с большим количеством различного ПО для начальной обработки и компонования информации из БД, для того чтобы она была приемлема для модельных расчетов. Затем эти данные в виде отдельных файлов (с вероятностью появления ошибок и потерь) переносятся вручную в другие программы уже для построения моделей. Одна из задач АСППР заключается в сведении к минимуму числа таких ситуаций и направлении всех вычислительных операций в один унифицированный поток с минимальным требованием от эксперта участия в каких-либо ручных операциях по организации и преобразованию данных. Роль эксперта, ученого, ЛПР должна всё больше сводиться к интерпретации полученных результатов от АСППР, и на основании этого он должен принимать решения о введении непосредственно в интерфейс АСППР корректировок в модель или применении другой модели. Для целей неограниченной смены, перебора алгоритмов расчетов и математических моделей в структуре АСППР предусмотрен механизм динамического подключения так называемых плагинов (англ. plug-in, от plug in «подключать») и дополнений с новыми расчетными и аналитическими функциями.

Практическая помощь от АСППР может также выражаться, например, в том, что производится обобщение многолетних данных о встречаемости пелагических рыб возрастной группы 1+. Это позволит исключить обследование лишних площадей, выработать дизайн «съемки пополнения» применительно к участкам с разной вероятностью встречаемости объекта.

В большинстве случаев собранные по результатам исследований данные можно представить в виде временных рядов. Для их эффективного использования целесообразно применять СУБД с последующим автоматизированным анализом полученной информации, включающим прогнозирование пространственно-временного распределения объектов рыбного промысла. Математической основой разработанной методики, включая обработку промысловой и биологической информации и прогнозирование промысловой ситуации, служило совместное использование методов сингулярного спектрального анализа (ССА) (в частности, модификация ССА под названием “Гусеница” [25]), сингулярного спектрального прогноза временных рядов и ГИС [105]. Алгоритм работы блока “Варианты решений и рекомендаций” в функциональной структуре АСППР (рисунок 57), реализует наряду с другими задачами и вариант прогноза по этой методике.

Вопросы математического моделирования пространственно-временного распределения биологических популяций и сообществ ВБР пока не получили такого развития, как моделирование динамики их численности. В АСППР в качестве дополнения к широко используемым методам предложен подход к прогнозу и построению пространственно-временного распределения ВБР на основе анализа промысловой статистики, данных о состоянии ВБР и среды их обитания, представленных в виде временного ряда. В настоящее время при обработке информации применяются различные методы анализа и прогнозирования временных рядов, включая спектральный, корреляционный и другие методы анализа. В рыбохозяйственной науке широко применяются методы прогнозирования, основанные на уравнениях регрессии. Последние базируются на достаточно жестких предположениях о характере исследуемых процессов (стационарности, законе распределения и т.д.). Проверка выполнимости этих

предположений при исследовании биологических объектов часто затруднительна. В совокупности методы сингулярного спектрального анализа и прогноза обладают преимуществами при прогнозировании нерегулярных, нестационарных временных рядов, имеющих место в статистических наблюдениях за объектами лова. Важная особенность созданного подхода — это интерактивность в процессе отработки алгоритма анализа и прогноза промышленной обстановки. Интерактивность связана с возможностью трактовки экспертом промежуточных результатов и направлением работы алгоритма при прохождении этапов обработки. Так после сингулярного разложения траекторной матрицы временного ряда эксперт может идентифицировать тренд и гармоники, содержащиеся во временном ряду, по одномерным и двумерным диаграммам собственных и факторных векторов и учитывая график логарифмов собственных чисел. Для определения тренда на диаграммах собственных векторов эксперту необходимо найти медленно меняющиеся собственные вектора (рисунок 67).

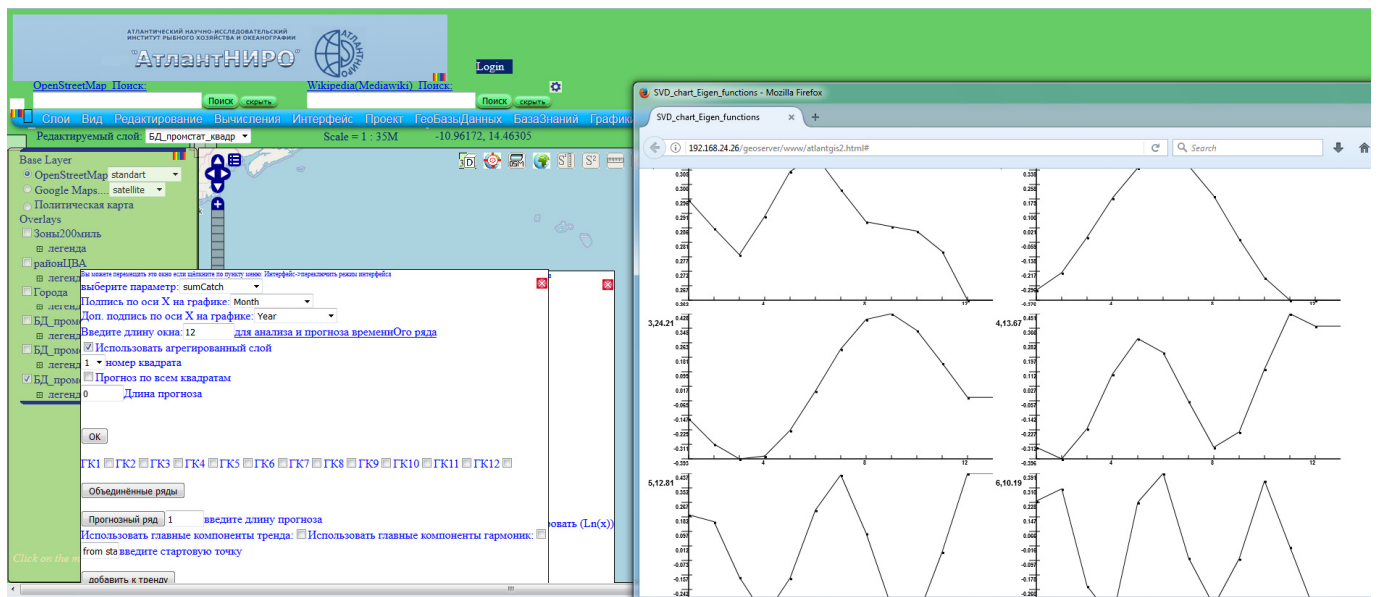


Рисунок 67 – Пример представления в АСППР диаграмм собственных векторов сингулярного разложения траекторной матрицы временного ряда вылова ВБР

Для выявления гармоник, которые связаны в промыслово-биологических данных как правило с сезонными изменениями, необходимо найти собственные вектора, имеющие регулярное периодическое поведение. В настоящее время уже существуют методы автоматического выделения необходимых векторов и в АСППР предусмотрена возможность их использования. Таким образом, созданная

методика с использованием ССА применяется для разложения временного ряда на аддитивные составляющие, что позволяет в частности решать следующие задачи: выделение тренда в изменениях уловов ВБР, обнаружение периодик в распределении объектов промысла, сглаживание временного ряда наблюдений, исключение случайных ошибок, шума.

В качестве исходных данных для экспериментального моделирования и прогнозирования промысловой ситуации использовалась оперативная промысловая статистика за 1996-2019 гг., сформированная в базу данных (БД). Пространственно-временной анализ проводился применительно к акватории Центрально-Восточной и Северо-Восточной Атлантики – районам, широко эксплуатируемым рыбопромысловыми организациями России. В качестве объекта лова здесь часто выступают скумбрия и ставрида. Вся акватория разделялась на двух-одно-градусные квадраты (в системе предусмотрена возможность устанавливать любой размер квадратов), с помощью созданного программного обеспечения уловы суммировались в каждом квадрате ежемесячно. В итоге был получен набор временных рядов, характеризующих динамику вылова в каждом квадрате акватории:

$$Z_{lf} = \sum_{f=1}^r \sum_{l=1}^n v_{lf}, \quad (11)$$

где Z_{lf} – значение формируемого временного ряда, v - вылов за одно траление или судо-сутки лова, l – номер квадрата акватории, f – номер временного интервала, n – число тралений (судо-суток лова) в месяц, r - общее число временных интервалов. Суммарный вылов привязывается к центру квадратов. Пример части сформированного временного ряда для квадрата с центром (18.5 с.ш., 16.5 з.д.) ИЭЗ Мавритании приведён в таблице 25.

Таблица 25 – Пример сгруппированного временного ряда промысловой статистики

Широта	Долгота	Вылов, т	% вида	Дата
18,5	-16,5	1518,43	35,51	06.96
18,5	-16,5	51,9	6,36	07.96
18,5	-16,5	91	9,24	08.96

В соответствии с методом ССА для анализа временного ряда, выбирается целый параметр K - “длина окна” и строится траекторная матрица, столбцами которой являются скользящие отрезки ряда длиной K : с первой точки по K -ю, со второй - по $(K+1)$ -ю и т. д. Траекторная матрица раскладывается в сумму элементарных матриц, задаваемых набором из собственного числа и двух сингулярных векторов: собственного и факторного: $X_i = \sqrt{\lambda_i} U_i V_i^m$. Выбор “длины окна” K , близкой к половине ряда и кратной периодической составляющей, в соответствии с рекомендациями метода “Гусеница”, используя модуль АСППР (автоматизирующий эти операции), позволяет в процессе анализа очистить сформированный временной ряд от шума, выделить тренд и сезонные составляющие в выловах судов. Разложение временного ряда, очистка от шума, выявление тренда и периодичности производились для каждого квадрата акватории. Используемый подход удовлетворительно решает задачи среднесрочного прогнозирования (временные интервалы - месяц, квартал) и отчасти краткосрочного прогнозирования (временные интервалы - дни, недели). В более короткие промежутки времени статистические закономерности уловистости отдельных районов часто перекрываются и смазываются флуктуациями, и этот вопрос требует дополнительных исследований. Экономические и административные особенности промысловой деятельности являются одной из причин погрешности в прогнозировании промысла. Анализ рядов производился с помощью веб-ГИС, являющейся составной частью АСППР и реализующей алгоритм ССА. В качестве примера результатов расчетов, предоставляемых ЛПР в интерфейсе веб-ГИС АСППР, на рисунке 68 показан временной ряд промысловой статистики и прогноз этого ряда на фоне реальных данных с помощью методов ССА для одного из квадратов акватории $2^\circ \times 2^\circ$ AP3 Марокко.

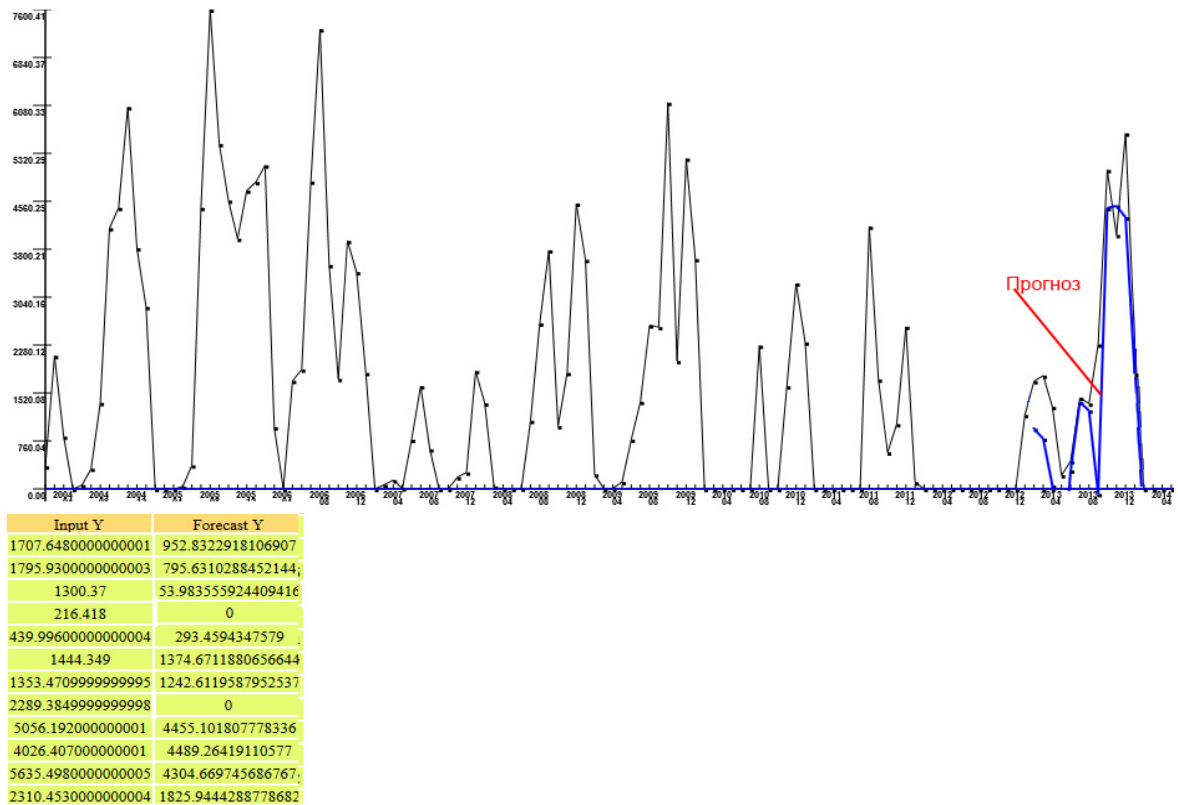


Рисунок 68 – Прогноз вылова (показан чёрным цветом) ставриды (2004 – 2014 гг.) в АРЗ Марокко в тоннах на фоне фактических выловов в выделенном квадрате в интерфейсе АСППР

Видно, что прогноз является достаточно точным и удовлетворительно описывает динамику суммарных уловов ставриды, реально имевших место в 2010г. Итогом работы алгоритма прогноза является пространственная сетка точек со значениями прогнозируемого вылова в рассматриваемом районе для заданного времени. В АСППР в картографическом блоке (веб-ГИС) полученные сетки с помощью интерполяции трансформируются в итоговые карты распределения фактического (рисунок 69а) и прогнозируемого уловов ВБР (рисунок 69б). В АСППР в качестве базовой карты для отображения результатов анализа и прогноза могут использоваться карты из широкого набора online источников, например, на рисунке 69 базовой картой является карта международного открытого проекта OpenStreetMap [151]. Для определения достоверности полученной прогнозной карты, она автоматически сравнивается с фактическим распределением ВБР, результаты сравнения также показываются на карте и в табличном виде. Результаты экспериментов показали хороший (70-85%) уровень достоверности таких прогнозов в АСППР.

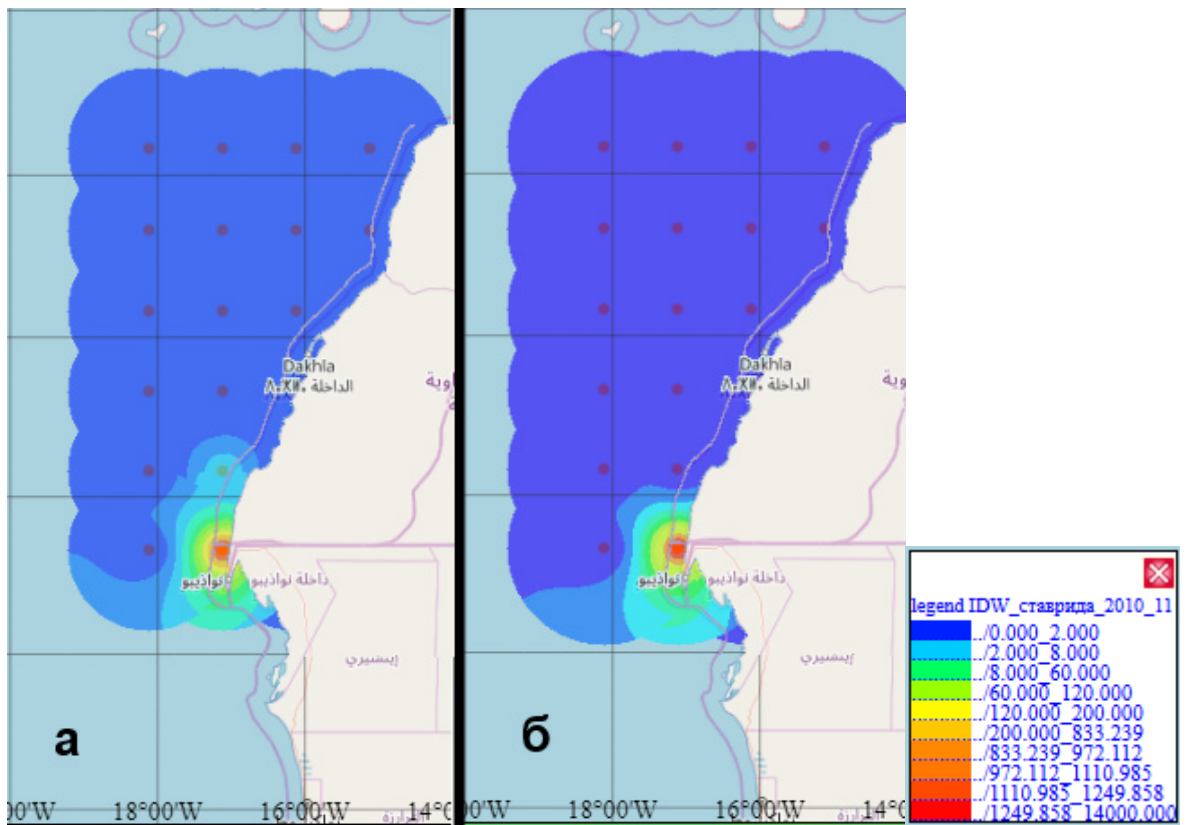


Рисунок 69 – Пример карты распределения фактических (а) и прогнозируемых (б) уловов (т.) ставриды в ноябре 2010 в интерфейсе АСППР

Методика осуществления технологического процесса анализа и прогноза временного ряда данных показана в виде блок-схемы алгоритма на рисунке 70. Временной ряд может представлять не только агрегацию ССД, но и биотических, абиотических данных.

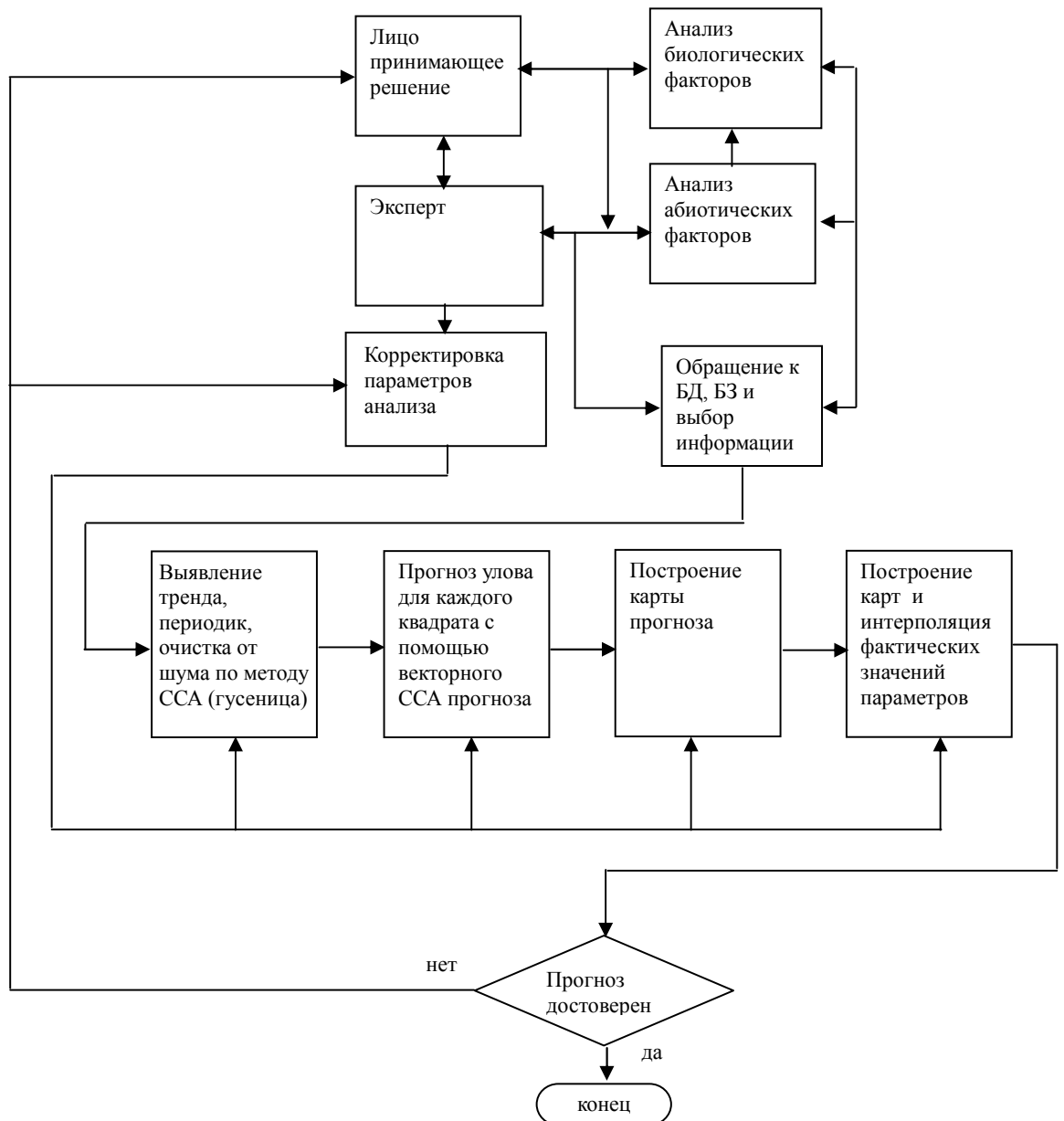


Рисунок 70 – Блок-схема алгоритма анализа и прогноза временных рядов промыслово-биологических и абиотических данных с использованием ССА и ГИС

Результаты промысла для рыбоперерабатывающих предприятий важны не только объёмом, временем и местом вылова ВБР, но и биологическим состоянием, химическим составом и пищевой ценностью гидробионтов. В пищевой промышленности часто большую ценность имеет не только мышечная ткань гидробионта, но и другие его части, например, гонады - икра. Количество и зрелость икры сильно варьируются от места и времени промысла, биологических характеристик рыб. Поэтому для достижения максимального выхода и качества икры при планировании и ведении промысла необходимо рассчитывать и

прогнозировать биологическое состояние ВБР. Важна и обратная задача - определение и контроль массы улова по массе выработанной икры [121]. Решение этих задач используется для реализации информационно-управляющих систем по производству, контролю и идентификации продукции из ВБР [112]. В АСППР эти расчёты автоматизированы и могут быть применены для различных видов ВБР, следовательно, созданная система может использоваться и технологами пищевой промышленности при планировании качества продукции из ВБР. Статистические расчеты в АСППР показали, что закон распределения масс икры в особях минтая является нормальным, что позволяет использовать для анализа классические методы математической статистики. В качестве, примера для расчёта был взят минтай, икра которого имеет высокую рыночную востребованность и стоимость. Установлено, что выход икры минтая зависит от многих факторов – района и сезона лова, стадии зрелости гонад, размерно-массовых характеристики рыбы. Разработан технологический процесс обработки указанных экспериментальных данных (рисунок 71).

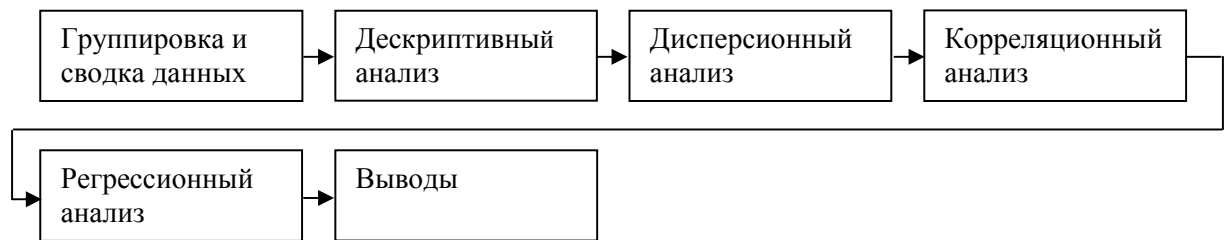


Рисунок 71 – Технологический процесс обработки данных в АСППР при анализе влияющих факторов на биологическое состояние объектов промысла

Район сбора биологических и технологических (результаты разделки) данных по минтаю визуализируется для ЛПР в картографическом блоке (ГИС) АСППР (рисунок 72).

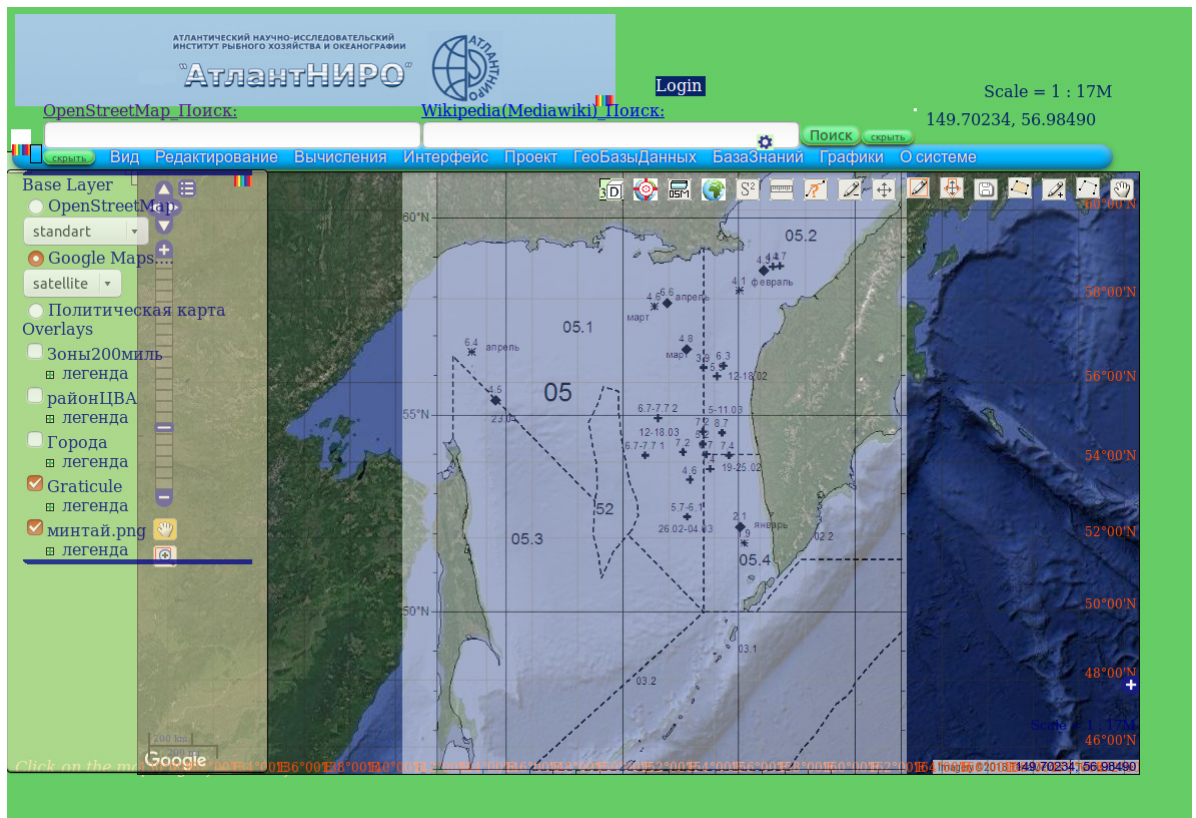


Рисунок 72 – Район сбора биологических и технологических данных по минтаю в 2007 г. в интерфейсе ГИС модуля АСППР. Обозначения: + -судно «Байковск», ◆ - Плавбаза «Советское Приморье», * - судно «Бухта Преображение»

Опишем подробнее каждую операцию указанного технологического процесса.

Дескриптивный анализ. Исходные данные, собранные научными наблюдателями на промысловых судах в январе-апреле 2007-2008 г в Охотском море (Камчатско-Курильском – КК (1), Северо-Охотоморском подрайонах – СОХ (2), Западно-Камчатском – ЗК(3)), группируются по исследуемым факторам (сезон, район, размер). Некоторые статистические показатели этих факторов, получаемые в процессе дескриптивного анализа, представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Результаты дескриптивного анализа

Район	Год	Декада	Р Мат. ожидание	Дов_инт -95,000%	Дов_инт +95,000%	Confidence +95,000%
ЗК	2007	3				
ЗК	2007	4	723,00	698,62	747,38	59,70
ЗК	2007	5	635,03	617,69	652,36	74,08
ЗК	2007	7	650,65	615,13	686,17	85,16
ЗК	2007	8	681,03	659,29	702,76	92,70

Дисперсионный анализ. Задача оценки влияния исследуемых факторов (Год, Район, Декада, Ргон- масса гонад) на массу рыбы решалась методом дисперсионного анализа. Степень влияния факторов оценивалась по удельному весу факторной дисперсии. Результаты расчёта влияния на массу рыбы (Р) всех четырёх факторов, полученные методом дисперсионного анализа, приведены в таблице 28, где SS - сумма квадратов (отклонений), MS – средний квадрат эффекта (межгрупповой разброс), F – критерий Фишера, p - статистическая значимость результата (p-уровень), должна быть меньше 0,05.

При исследовании влияния района, декады и размера рыб на массу икры используется понятие гонадо-соматического индекса (ГСИ) - процентное отношение содержания икры к массе рыбы. Результаты дисперсионного анализа влияния трёх исследуемых факторов на ГСИ показаны в таблицах 27, 28.

Таблица 27 – Результаты дисперсионного анализа

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	P
Intercept	159696925	1	159696925	13490,13	0,000000
Ргон	170355856	36	4732107	399,74	0,000000
Район	1207925	2	603962	51,02	0,000000
Год	379348	1	379348	32,04	0,000000
Декада	8929089	7	1275584	107,75	0,000000
Error	77574790	6553	11838		

Таблица 28 – Результаты дисперсионного анализа одновременного влияния трёх факторов на гонадо-соматический индекс минтая

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4568,002	1	4568,002	422,9766	0,000000
Дата	555,404	5	111,081	10,2856	0,000000
Район	141,207	2	70,603	6,5376	0,001624
Длина	8161,504	43	189,802	17,5749	0,000000
Error	3931,075	364	10,800		

В АСППР результаты таких расчетов представляются ЛПР в табличном виде. Но используя реализованные методы нечеткой логики, в случае если ЛПР достаточно получить быстрое качественное заключение, то соответствующий модуль АСППР может выдать нечеткое высказывание в виде: “Вывод из таблицы 27: Влияние на массу рыбы всех факторов (год, декада, район, масса гонад) существенно”, “Вывод из таблицы 28: Влияние на ГСИ всех факторов (дата,

район, размер (длина)) существенно, однако влияние района относительно меньше”.

Корреляционный и регрессионный анализ. После выявления степени взаимного влияния всех заданных факторов на массу рыбы (Р) выполнялся корреляционный и регрессионный анализ. Предварительная обработка данных показала, что регрессии необходимо создавать как однофакторные (Зависимость Р от Ргон т.е. $P=f(P_{\text{гон}})$, где f функция вида $f=a+b*x$), так и многофакторные $P=f(P_{\text{гон}}, \text{дата}, \text{размер})$. Например, при построении уравнения $P=f(P_{\text{гон}})$ для 2008г в районе КК в 6-й декаде. Пользователь получает результаты в виде таблицы 29 или в графическом виде (рисунок 73) с уравнением и коэффициентом регрессии.

Таблица 29 – Результаты построения уравнения регрессии

	Beta	Std.Err.of Beta	B	Std.Err.of B	t(198)	p-level
Intercept			354,07	10,07929	35,12799	0,00
Ргон	0,816931	0,040987	3,9824	0,19980	19,93156	0,00

Обозначения в таблице 29: столбец Beta - коэффициент корреляции, В – коэффициенты регрессии; Std.Error - стандартная ошибка свободного члена уравнения; t - t-критерий(Стьюдента) для свободного члена уравнения; p – значимость уравнения.

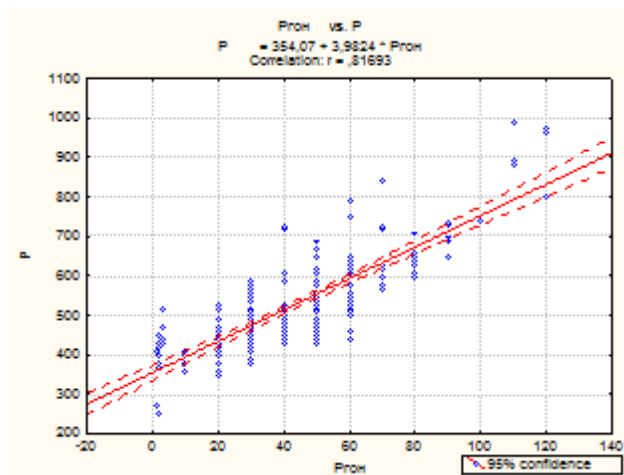


Рисунок 73 – Уравнение регрессии, показывающее связь массы рыбы Р с массой гонад Ргон в 2008 г в районе КК в 6-ой декаде

При поиске уравнения, связывающего ГСИ с рядом исследуемых факторов, в системе происходит перебор нескольких уравнений, например, линейного многофакторного, экспоненциального или степенного полинома. В результате выбирается уравнение, имеющее большую достоверность. Так, для уравнения в

виде экспоненциального полинома коэффициент детерминации $R^2=0,79$, объяснённая доля дисперсии: 63%. Уравнение имеет следующий вид:

$$\text{ГСИ} = -489,73 + \exp(6,16 + 0,0018 * \text{декада} + 0,00084 * \text{размер}) \quad (12)$$

Пользователю соответственно показывается зависимость в трёхмерном пространстве. Зависимость ГСИ от времени и района представлена на рисунке 74.

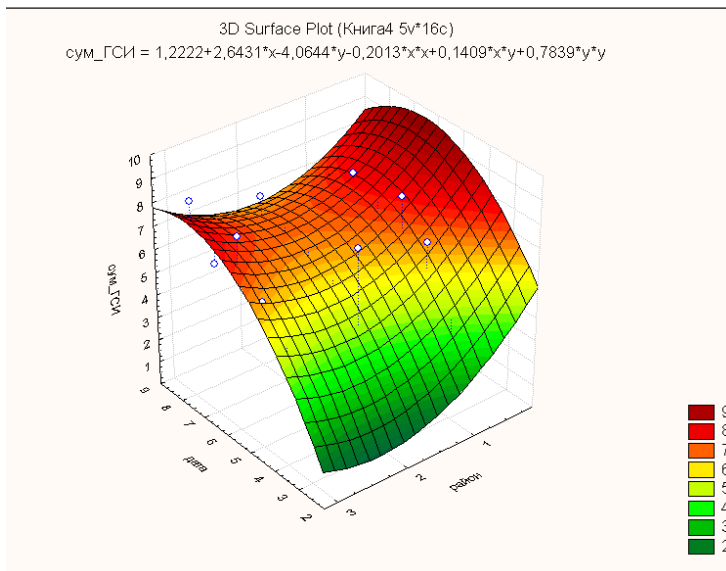


Рисунок 74 – Временная и региональная изменчивость гонадо-соматического индекса минтая по результатам расчета в АСППР

Полученный результат так же качественно свидетельствует о существенной зависимости ГСИ от района и времени вылова. Используя формируемые таким образом в АСППР результаты анализа, становится возможным выявить и спрогнозировать район и время вылова минтая в наиболее подходящем биологическом состоянии для получения максимального выхода качественной икры. Такая комплексная обработка данных пространственно-временного мониторинга ВБР и промысла с помощью АСППР позволяет выявлять закономерности изменения районов нагула, нереста, размерно-массовых характеристик и для других видов гидробионтов, и тем самым дать ЛПР возможность обосновано принимать решения о времени и районе промысла.

В результате анализа биологических данных в АСППР эксперты получают, например, следующую информацию:

1. Статистические характеристики массы рыбы, массы гонад по времени и району (пространству);

2. Уравнения регрессии, связывающие массу отдельной рыбы с массой гонад, (в том числе массы самок с массой гонад (икры)) в зависимости от временного периода и района;
3. 95%-ные доверительные интервалы для среднего и индивидуальных значений, соотношения средних масс самок и самцов по времени и пространству.

Конкретное содержимое и вид выводов, предоставляемых системой лицу, принимающему решения, зависят от задач, стоящих перед экспертами и задач, которые они поставили перед АСППР.

Системы поддержки принятия решений, претендующие на максимально полное обеспечение ЛПР наглядной информацией, должны обладать средствами предоставления пользователю агрегированных данных для различных выборок из БД в удобном для восприятия и анализа виде (таблицы, диаграммы, карты). В этом случае при агрегировании исходных данных используется выделение из данных одного или нескольких многомерных наборов данных (называемых гиперкубом или метакубом, OLAP-кубом - On-Line Analytical Processing), оси которых содержат атрибуты и называются измерениями (dimensions), а ячейки, называемые «мерами» (Measure) – агрегируемые количественные данные (факты). Вдоль каждой оси атрибуты могут быть организованы иерархически, представляя различные уровни их детализации. Благодаря такому подходу к организации данных пользователи могут формулировать сложные запросы, генерировать отчеты, получать подмножества данных. Такая технология комплексного многомерного анализа данных получила название OLAP [20]. Концепция OLAP была описана в 1993 году Э. Коддом, исследователем баз данных и автором реляционной модели данных. Модуль АСППР, реализующий OLAP, соответствует требованиям теста FASMI (Fast Analysis of Shared Multidimensional Information — быстрый анализ разделяемой многомерной информации) [149]. Суть пяти требований FASMI к приложениям для многомерного анализа, выполняемых в АСППР, заключается в следующем:

- система быстро предоставляет пользователю результаты анализа (обычно не более 5 с);

- возможность осуществления логического и статистического анализа, и его сохранения в доступном для конечного пользователя виде;
- многопользовательский доступ к данным с поддержкой соответствующих средств авторизованного доступа;
- многомерное представление данных, включая полную поддержку для иерархий и множественных иерархий;
- возможность обращаться к любой нужной информации независимо от ее объема и места хранения.

Реализованная технология OLAP в АСППР относится к типу реляционных OLAP (Relational OLAP — ROLAP), так как работает напрямую с реляционными базами данных, факты и таблицы с измерениями хранятся в реляционных таблицах, и для хранения агрегатов создаются дополнительные реляционные таблицы. Запрос на языке SQL к базе данных «Биология океанических районов» для получения OLAP-куба в зависимости от выбранных пользователем опций в интерфейсе АСППР может выглядеть следующим образом:

```
«SELECT fishcod.NAME, MAX(bioan.TOTAL_WEIG) AS maxВес,
MAX(bioan.LNGTH_L) AS maxДлина_L, MAX(bioan.LNGTH_I) AS maxДлина_I,
MAX(bioan.MATUR_STAG) AS maxЗрелость, COUNT(fishcod.NAME) AS
количество, CAST(AVG(bioan.LNGTH_I*1.0) AS NUMERIC(6, 2)) AS
СредняяДлина_I, CAST(AVG(bioan.LNGTH_L*1.0) AS NUMERIC(6, 2)) AS
СредняяДлина_L, CAST(AVG(bioan.TOTAL_WEIG * 1.0) AS NUMERIC(6, 2)) AS
СреднийВес,SUM(bioan.TOTAL_WEIG) AS
СуммарныйВес,CAST(AVG(bioan.MATUR_STAG * 1.0) AS NUMERIC(6, 2)) AS
СредняяЗрелость ,REG_name.Name AS RegName, MONTH(hawls.DATE) AS
Month FROM hawls INNER JOIN bioan ON hawls.CruvesID = bioan.CRUVESID
INNER JOIN fishcod ON bioan.OBJ_ID = fishcod.obj_ID INNER JOIN REG_name
ON hawls.REGION = REG_name.Region
where fishcod.OBJ_CODE=10932207 and hawls.REGION=3402 and
hawls.DATE_END BETWEEN '1985-01-01' AND '1989-01-01' GROUP BY
fishcod.NAME ,REG_name.Name, MONTH(hawls.DATE)»
```

Интерфейс модуля для агрегирования данных и результат одного из аналогичных OLAP запросов показан на рисунках 75, 76.

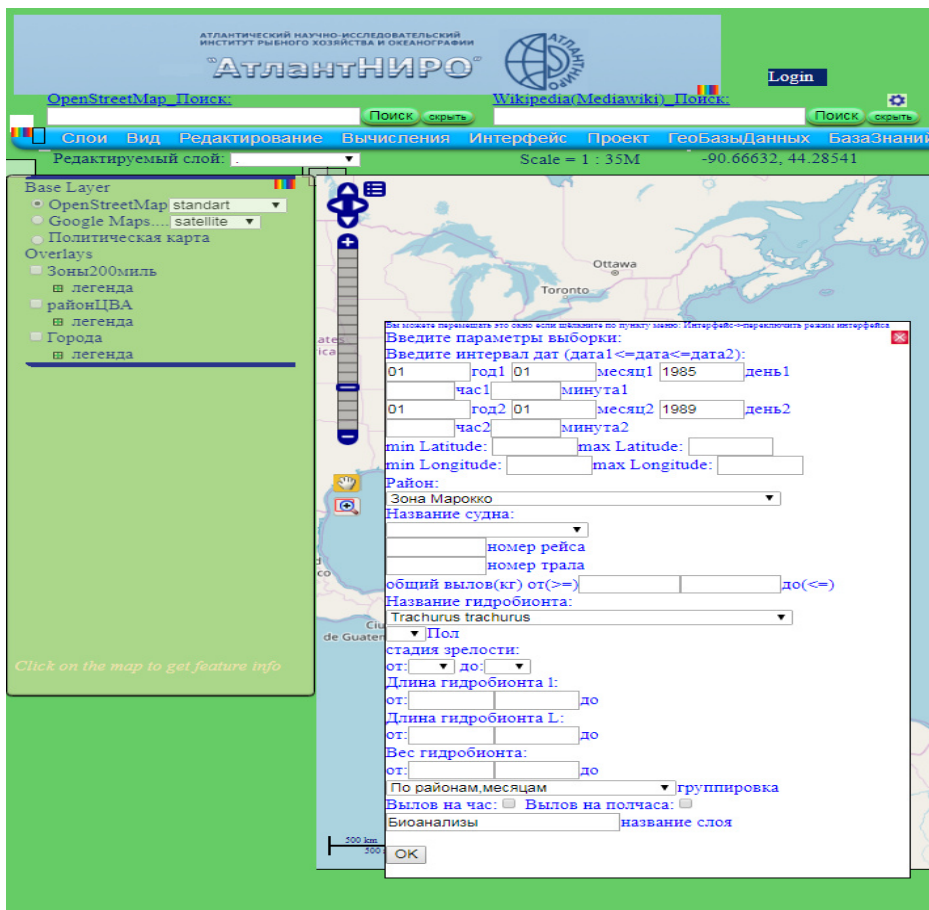


Рисунок 75 – Интерфейс в АСППР для агрегации данных методом OLAP

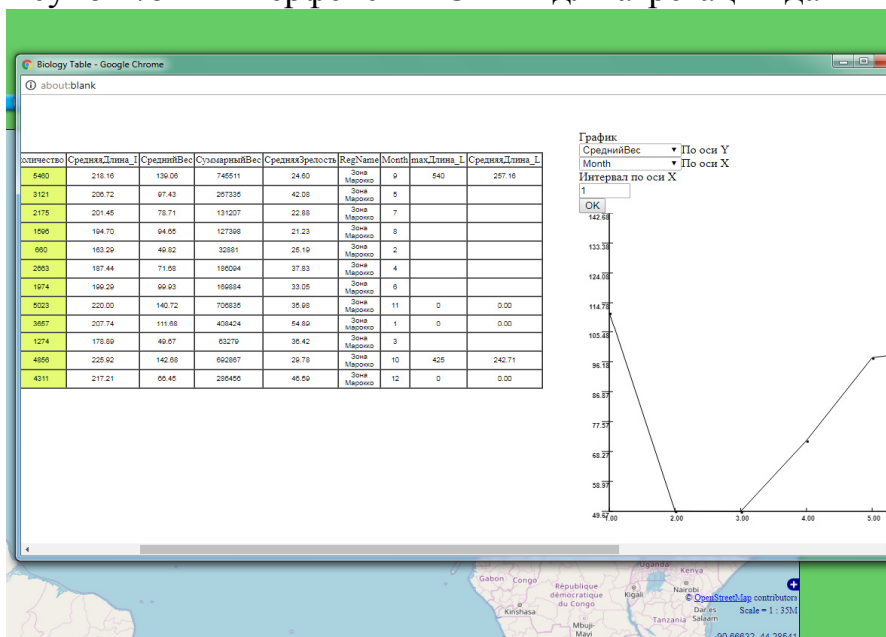


Рисунок 76 – Результат агрегации данных в АСППР методом OLAP

Выводы

Проведен анализ факторов, влияющих на пространственно-временное распределение и биохимический состав и соответственно пищевую ценность водных биоресурсов. Приведена схема взаимосвязи этих факторов. Представлен

механизм их учета в АСППР. Показано, что технологические процессы научных исследований и промысла ВБР являются слабоструктурированными в связи с тем, что их составляющие характеризуются как количественными, так и качественными факторами. Описано применение нечетких множеств и нечеткой логики в задачах анализа, прогнозирования промысла и планирования научных исследований ВБР. При создании АСППР предусмотрена возможность обобщения исследователем, экспертом как в количественном, так и в качественном виде знаний о ВБР для анализа, прогнозирования, планирования промысла и исследований. Зная текущие и прогнозируемые влияющие (возмущающие) биотические и абиотические факторы F (промысловую обстановку), можно определить управляющее воздействие U (орудия лова, время промысла, район) для получения желаемого значения регулируемой величины (результата лова, состояния запаса) Y (массы улова, биологические и биохимическое состояния объекта лова- стадия зрелости, содержание жиров, белков, углеводов, размер и т.д.). На основании структурно-функционального и когнитивного моделирования составлена функциональная структура АСППР. Предложена методика прогноза и построения пространственно-временного распределения ВБР и влияющих факторов с помощью методов сингулярного спектрального анализа (ССА) и прогноза. Построена когнитивная карта причинно-следственных связей АСППР как с внешним окружением, так и между элементами самой системы. Разработан программный модуль в составе АСППР, реализующий созданную методику для построения когнитивных моделей взаимодействия биотических и абиотических факторов. Эта методика и модуль выступают в качестве инструмента поддержки решений задач научных исследований и промысла водных биоресурсов на основе совместного использования экспертной информации и данных пространственно-временного мониторинга. Предложен механизм формирования и использования БЗ для научных исследований и промысла ВБР. Представлены алгоритмы обработки промысловой статистики, биологических и абиотических факторов среды в АСППР.

ГЛАВА 3. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

3.1. Информационные потоки в автоматизированной системе поддержки принятия решений

При разработке концепции АСППР особое внимание обращалось на важность наличия эргономичного пользовательского интерфейса, гибкого диалога, легкости обучения использования, простоты использования и надёжности работы. Основой программного комплекса для работы с данными являются коммерческая СУБД MS SQL Server известного производителя Microsoft и СУБД PostgreSQL, являющаяся свободным программным обеспечением с открытым исходным кодом. Указанные СУБД взаимодействуют с программными модулями получения, верификации, анализа данных, построения отчётов. Частью АСППР является ИСС и ГИС, которые созданы для автоматизации работы с БД и БЗ. ИСС содержит модуль для пополнения БД информацией непосредственно в ходе промысловых и научных рейсов. С учетом описанных в первой и второй главе измерительных приборов, используемых для сбора данных о ВБР и среде их обитания, проведённом анализе операций сбора и ввода информации была сформирована схема (рисунок 77) информационных потоков в АСППР.

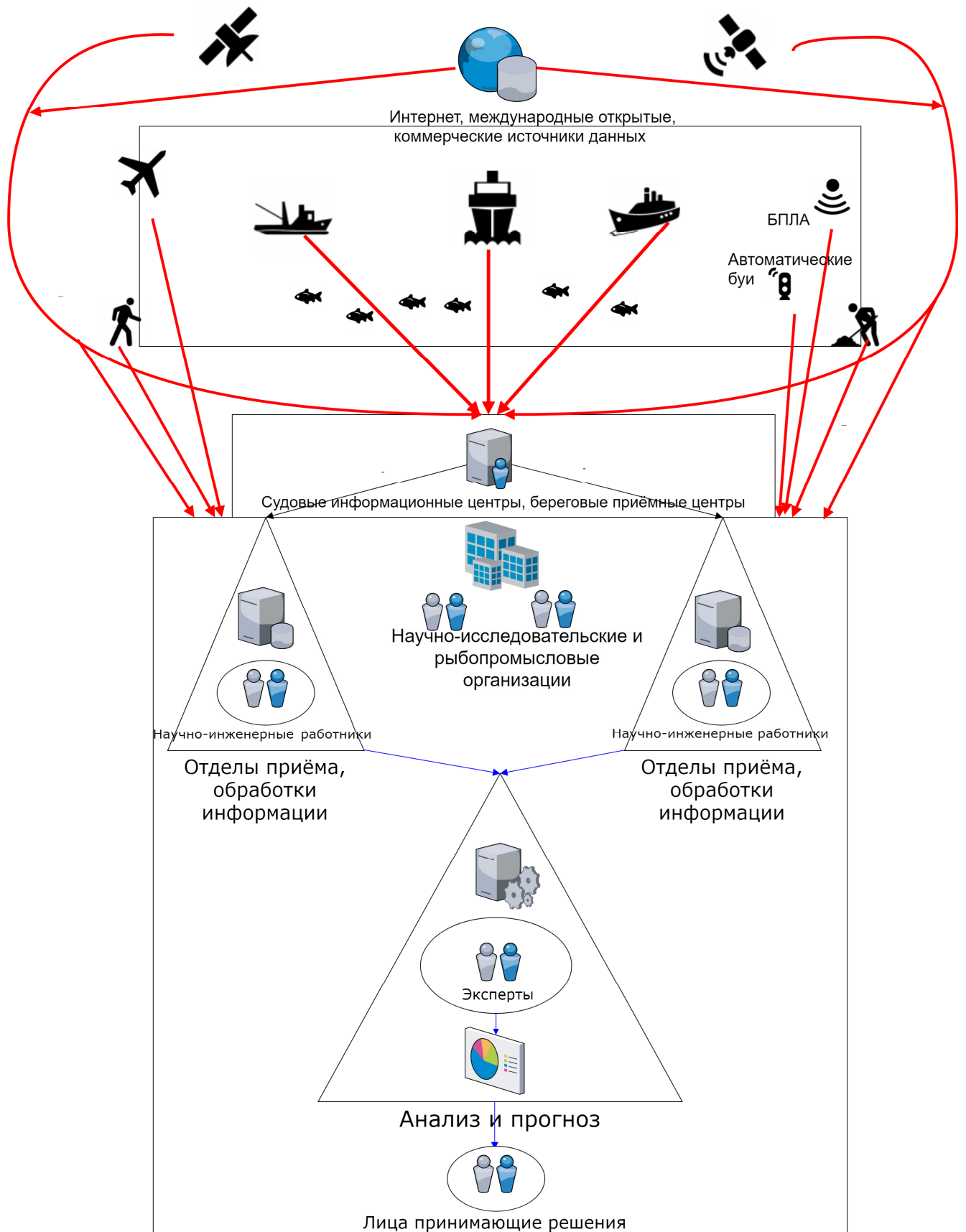


Рисунок 77 – Обобщённая схема информационных потоков в АСППР

Созданная схема информационных потоков позволяет разрабатывать планы объединения разрозненного программного обеспечения для работы с промышленно-биологическими и другими научными базами данных. Схема используется для определения направлений постоянного повышения уровня автоматизации процедур ввода и вывода данных о промышленной обстановке и результатах научных исследований ВБР. Разработанная схема информационных потоков, является основой для определения объемов передаваемой и принимаемой информации в различных режимах функционирования системы.

3.2 Программное обеспечение системы

Созданное программное обеспечение системы гибко сочетает в себе веб-технологии (в том числе веб-ГИС, работающую в большинстве веб-браузеров) и Информационно-справочную систему АтлантНИРО (ИСС). Указанное программное обеспечение создано автором и при его участии на языках программирования JavaScript, PHP, Borland Delphi и C++.

Задачи изучения ВБР, анализа их распределения и среды обитания, являющейся пространственным объектом, невозможно решить использованием функциональности исключительно БД и систем управления базами данных (СУБД). Необходимым условием наглядного решения таких научных задач является графическая визуализация пространственных (географических) объектов и их характеристик. На современном этапе развития информационных технологий для этого применяются географические информационные системы (ГИС). ГИС помогает автоматизировать сбор, хранение, обработку, доступ, визуализацию и распространение пространственных данных. ГИС включают в себя функциональность систем управления базами данных (СУБД), редакторов растровой и векторной графики и разнообразных аналитических средств, поэтому они так необходимы в комплексных биоресурсных исследованиях.

Существующие ныне (производителей ESRI, MapInfo, Autodesk, Golden Software) коммерческие (правильнее назвать - проприетарные, от англ. proprietary - частное, патентованное) ГИС обладают широкими возможностями для работы с

пространственной информацией и относительно простыми принципами настройки под некоторый набор конкретных задач.

Но при этом они имеют высокую стоимость установки на одно рабочее место и даже, несмотря на различные предлагаемые скидки для научных и учебных организаций, часто с учётом множества других ограничений на копирование, модификацию, жесткое соблюдение коммерческой тайны, авторского права и патентов, делает использование такого ПО не всегда целесообразным, удобным и эффективным. Кроме этого при выборе или создании ГИС для исследования ВБР на современном уровне необходим корпоративный подход, который выражается в следующем:

- необходимо решать масштабные задачи, в решении которых задействовано несколько БД;
- работа осуществляется в разрозненных филиалах или подразделениях одной организации;
- требуется централизованная унифицированная рабочая среда;
- использование ведется неограниченным числом специалистов одновременно.

Таким образом, при реализации корпоративной ГИС в отличие от обычной настольной ГИС необходимо реализовать возможность работы и ведения единого банка геоданных в многопользовательской среде и обеспечить охват максимального числа информационных процессов всей организации (предприятия), достигая при этом их полной согласованности, прозрачности и отсутствия избыточности.

Учитывая современную широкую распространенность Интернета и фактически ставший стандартным определённый набор Интернет-ресурсов (Google maps, OpenStreetMap и т.п.), принимая во внимание наглядность и удобство обмена данными в веб-среде с помощью веб-браузеров целесообразно создавать корпоративную ГИС с веб-интерфейсом и с применением веб-технологий. При внедрении в информационную среду научной и промышленной организации корпоративной проприетарной ГИС, обладающей всеми

перечисленными свойствами, затраты часто возрастают на порядок по сравнению с настольными системами.

Принимая во внимание всё, указанное выше, для эффективного исследования водных биоресурсов представляется целесообразным использование Открытого программного обеспечения (англ. open-source software) — программного обеспечения с открытым исходным кодом. Открытое программное обеспечение может без ограничений устанавливаться, применяться, модифицироваться, распространяться во всех научных, учебных заведениях, офисах, на личных компьютерах, во всех государственных и коммерческих организациях и учреждениях, согласно открытому лицензионному соглашению, например, GNU (GPL) [145]. Очевидно, что проще дописывать и дорабатывать, под свои нужды именно открытое ПО, а не ждать от владельцев проприетарного ПО требуемые дополнительные приложения. Это хорошо согласуется с открытым научным процессом разработки программного обеспечения и для решения задач, где важна скорость внедрения решений и возможность моментально что-то исправить.

В рамках этого подхода, на основе открытого ПО разработана и используется сетевая корпоративная ГИС в составе АСППР. Для её реализации выбрано следующее ПО:

1. Geoserver – открытый сервер, написанный на Java, для сетевого размещения пространственных данных и их обработки [143];
2. OpenLayers - библиотека с открытым исходным кодом, написанная на JavaScript, предназначенная для создания карт на основе программного интерфейса (API) [150]. Эта же библиотека используется в интерактивной системе спутникового мониторинга АтлантНИРО (рисунок 34);
3. PostGIS - расширение объектно-реляционной СУБД PostgreSQL, предназначенное для хранения в базе географических данных [152];

При разработке данной ГИС за основу принят принцип сведения к минимуму количества дополнительных программных библиотек, надстроек и т.п. и поэтому в качестве компонента, связующего модули системы, использовался только прототипно-ориентированный сценарный язык программирования JavaScript.

Система оптимизирована для работы в браузерах Mozilla Firefox и Google Chrome. Структура интерфейса жестко не зафиксирована и пользователь может перемещать меню, менять цвета блоков интерфейса, что помимо прочего выгодно отличается от других существующих на данный момент подобных решений. По результатам эксплуатации ГИС её функциональность постоянно расширяется, создаются новые модули в зависимости от потребностей пользователей. Главное окно интерфейса ГИС, как составной части АСППР, показано на рисунке 78.

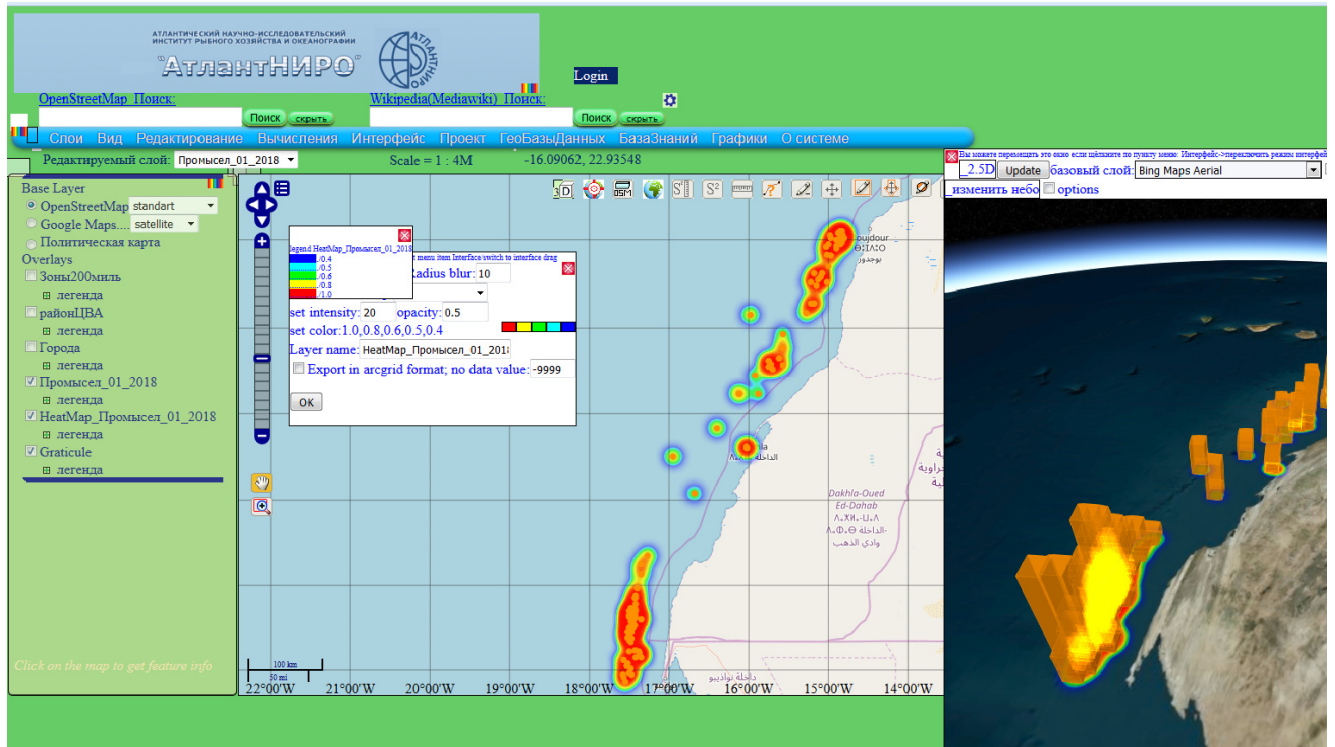


Рисунок 78 – Главное окно интерфейса ГИС АСППР

Созданная ГИС в качестве одного из основных модулей АСППР автоматизирует осуществление выборок из централизованных БД организации, хранение, обработку, преобразование векторных (shapefile, KML, GML и т.п.) и растровых файлов (png, jpeg, tiff, arcgrid и т.п.). Выдает эту информацию по запросу пользователя в картографической форме, в виде таблиц, графиков или преобразованных в другие форматы файлов.

Созданная ГИС способна решать разнообразные задачи по следующим направлениям:

1. помощь в поиске и рациональном использовании природных ресурсов;

2. мониторинг экологических ситуаций и опасных природных явлений, оценка техногенных воздействий на среду и их последствий, экологическая экспертиза;
3. научные исследования и образование;
4. создание тематических карт и интерактивных атласов, оперативное картографирование данных, поступающих в реальном времени.

Указанные ИСС и ГИС являются частью разработанной АСППР. Разработка систем поддержки принятия решений является одним из актуальных направлений развития современных информационных технологий. Использование таких систем в рыбохозяйственных исследованиях позволяет направить одновременно на анализ научных данных всю функциональность ИСС, ГИС с применением не одного метода или модели, а множества математических, интеллектуальных методов, баз данных, баз знаний и систем управления базами данных.

В связи с указанными ранее особенностями данных, собираемых во время научных исследований ВБР и их промысла, для использования их необходимо не только применять базы данных, но и формировать и использовать базы знаний (БЗ), которые содержат результат смысловой, логической обработки информации, опыт специалистов-практиков [41], экспертов. В качестве эксперта может выступать лицо, обладающее специальными знаниями в области биологии, гидрологии и т.п. БЗ в области исследований ВБР в АСППР создаются на основе продукционной модели представления знаний [23], которая является набором правил вида: ЕСЛИ <условие> И <условие>, ТО <вывод, результат или действие>. БЗ на основе продукционной модели представления знаний может содержать рекомендации, указанные в разделе 2.2, таблице 24 данной работы. Пример выдачи рекомендаций в соответствующем программном модуле АСППР из БЗ с учетом отклонения температуры поверхности океана от среднеемноголетних значений показан на рисунке 79. Показанные рекомендации сформированы в БЗ на основе характерных периодов промысла, описанных в методическом пособии по краткосрочному прогнозированию промысла в ЦВА [70]. АСППР оперирует со многими БЗ с разными источниками.

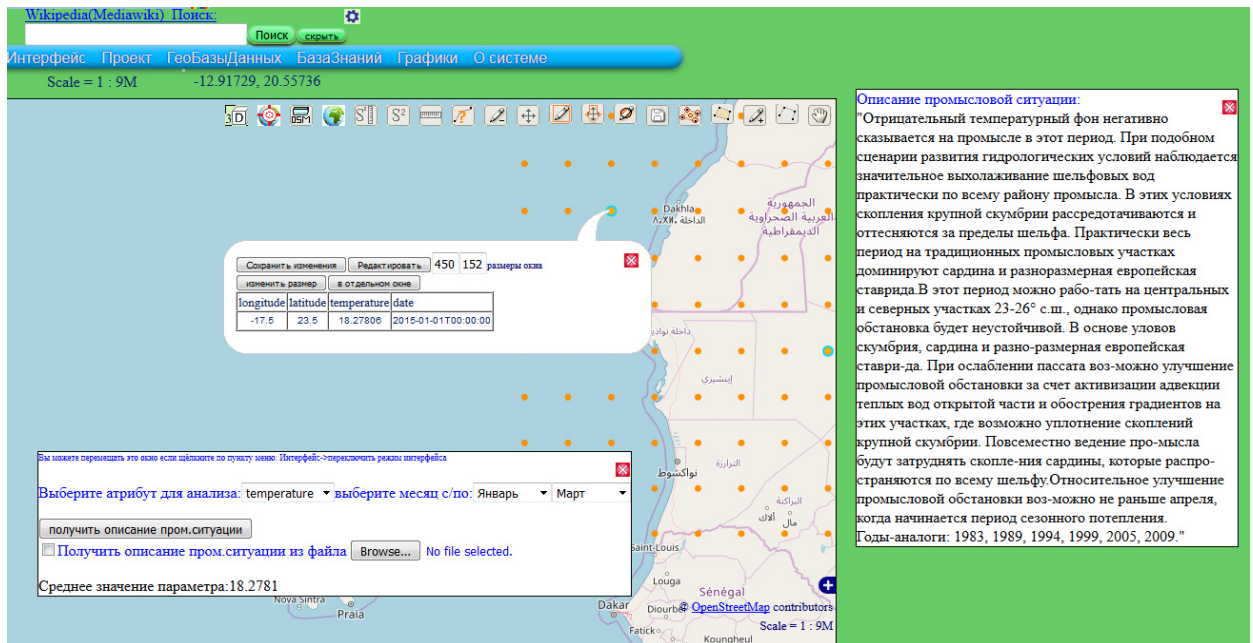


Рисунок 79 – Интерфейс модуля АСППР, выдающий рекомендации из БЗ о ведении промысла с учетом отклонения температуры поверхности океана от среднемноголетних значений

Для повышения гибкости информационного обеспечения исследований и промысла база знаний может находиться как в среде СУБД, так и представлять собой набор отдельных текстовых файлов. При этом БЗ может создаваться самим исследователем (группой исследователей) или является результатом интеллектуального анализа данных, содержащихся в первичных БД. На современном этапе развития информационных технологий термин «интеллектуальный анализ данных» часто используется в виде англоязычного синонимичного термина - Data Mining. Data Mining - это процесс автоматизированного поиска в данных (как правило, в больших БД) скрытых закономерностей (шаблонов информации), тенденций, знаний, которые ранее были не очевидны или требовали научного обоснования. Data Mining может объединять методы прикладной статистики, распознавания образов, искусственного интеллекта, теорию баз данных и др.

Классические методы анализа данных (статистические методы) в основном направлены на проверку предварительно заданных предположений или гипотез. Технология Data Mining прежде всего направлена на поиск новых ранее неопределённых и неявных закономерностей. Алгоритмы Data Mining позволяют

находить такие закономерности и выявлять взаимосвязи и зависимости параметров. В исследованиях ВБР именно формулировка гипотезы о взаимозависимости интересующих параметров часто является сложной задачей, поэтому Data Mining в ряде случаев обладает преимуществом по сравнению с другими методами анализа.

В настоящее время в разработанной АСППР используются несколько методов интеллектуального анализа данных (Data Mining) среди которых: построение дерева решений [127] с помощью алгоритма ID3 (Iterative Dichotomiser 3) и поиск ассоциативных правил с помощью алгоритма Apriori [126]. Для исследований ВБР деревья решений могут давать наглядное представление выявленных зависимостей (правил) между параметрами в виде иерархической структуры. Правило в данном случае строится в виде логического утверждения уже приводившегося выше: «если ..., то ...».

Ассоциативные правила позволяют находить закономерности между связанными событиями и явлениями. Примером такого правила может являться утверждение, что суточный вылов пикши судном типа СРТМ в Баренцевом море в июле с вероятностью 64% будет находиться в интервале от 18 до 45 тонн. Примером другого правила, полученного по результатам анализа промысловых данных 2013-2018 гг., может являться утверждение, что суточный вылов скумбрии судном типа РТМКС в атлантической рыболовной зоне Марокко в августе с вероятностью 63% будет находиться в интервале от 60 до 140 тонн. Таким образом, целью анализа данных с помощью этого метода является установление следующих зависимостей: если в БД встретился набор значений некоторых параметров, то другие параметры будут принимать определённые значения с заданной вероятностью. Интерфейс модуля АСППР, реализующий алгоритмы поиска ассоциативных правил и построения дерева решений, показан на рисунках 80, 81. Пользователь выбирает требуемый блок информации с помощью кнопки «Выберете файл» или путем выделения данных на карте, после этого в окно модуля автоматически добавляется список всех полей (параметров),

содержащихся в этой информации (в данном случае это название судна, тип судна, название вида рыбы, вылов вида и т.д.)

Вы можете переключать это окно если щёлкнете по пункту меню: Интерфейс->переключить режим интерфейса

Выберете файл Стат_07_2018_3.csv

или выберите слой: Максимальное кол-во узлов: 70

Выберите целевой параметр:

Судно Тип_судна Lat Long Регион Data Catch N_S_S Catch_s_s рыба вылов_вида

Выберите атрибуты:

Судно Тип_судна Lat Long Регион Data Catch N_S_S Catch_s_s рыба вылов_вида

Определить принадлежность:

Судно Тип_судна Lat Long Регион Data Catch N_S_S Catch_s_s рыба вылов_вида

поддержка%: 10 достоверность%: 60

ЕСЛИ_рыба==треска_TO_Регион==Баренц.м. (СВА) - с достоверностью:0.6361 и поддержкой: 0.1054
 ЕСЛИ_рыба==пикша_TO_Регион==Баренц.м. (СВА) - с достоверностью:0.7014 и поддержкой: 0.1110
 ЕСЛИ_Регион==Подзона Баренцево море (о_TO_Тип_судна==СРТМ - с достоверностью:0.9881 и поддержкой: 0.1333

Рисунок 80 – Интерфейс модуля АСППР, реализующий алгоритмы интеллектуального анализа данных

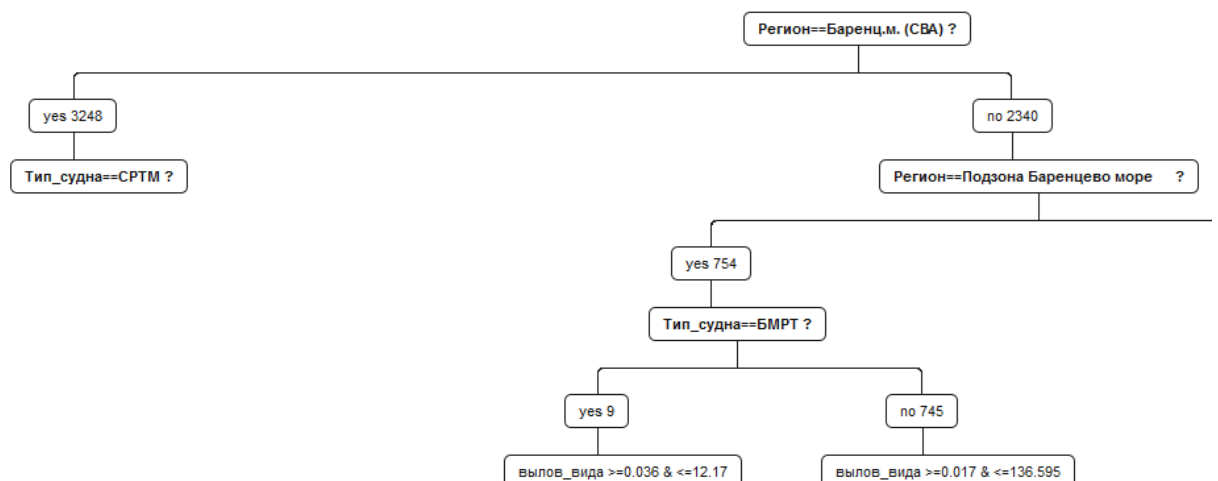


Рисунок 81 – Дерево решений (часть), показывающее вылов ВБР в июле 2018 года в зависимости от района и типа судна

В дальнейшем для развития и увеличения функциональности АСППР планируется расширение набора методов интеллектуального анализа данных, доступных в системе пользователю. Вводятся нейросетевые алгоритмы [98] для анализа, прогнозирования и формирования рекомендаций ЛПР. Функциональная схема программного обеспечения в нотации ГОСТ 19.701-90 показана на рисунке 82. На схеме многоточие между программными модулями, БД и БЗ показывает, что количество модулей и БД, БЗ значительно больше показанных, и их количество может динамически меняться в зависимости от решаемых ЛПР задач и результатов реализации в АСППР механизма подключения новых блоков ПО в виде плагинов и дополнений с новыми расчетными и аналитическими функциями.

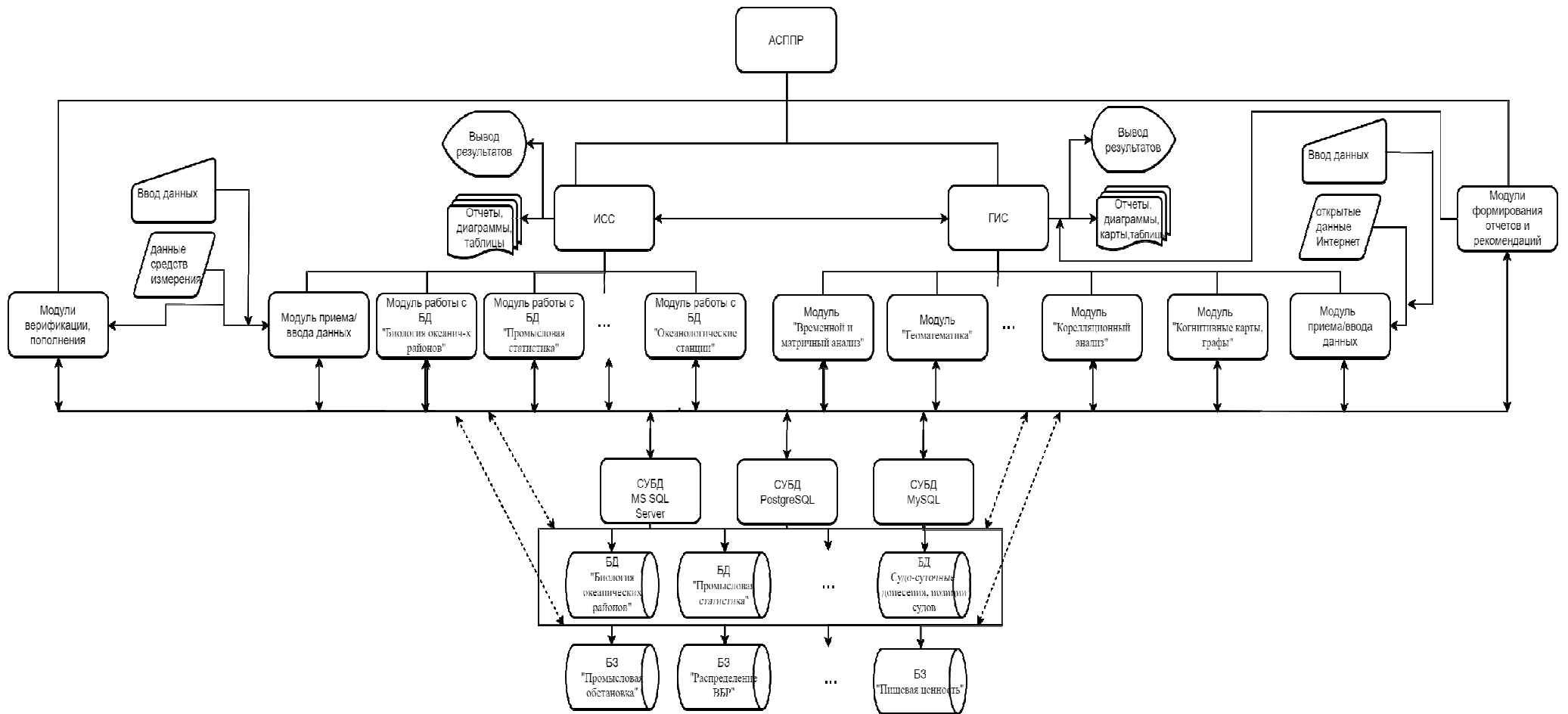


Рисунок 82 – Функциональная схема программного обеспечения АСППР

3.3 Техническая структура системы

Описанные программные решения совместимы с выбранным аппаратным обеспечением, основанном на базе процессоров Intel или AMD. Разработанная система является распределённой и включает в себя ряд серверов: почтовый, главный сервер БД и вспомогательные, размещённые на промысловых и научно-исследовательских судах. С серверами по клиент-серверной технологии соединены персональные компьютеры сотрудников, исследователей, экспертов и ЛПР. Частью технической структуры АСППР (рисунок 83) и её аппаратным обеспечением являются также информационно-измерительный комплекс, включающий описанные средства измерения (океанологические зонды, измерители течений, метеостанции и т.д.) и соответствующее ПО, подробно описанные в первой, второй главах.

Загруженность процессора сервера, на котором проводились тестовые испытания системы, при пиковых нагрузках определялась экспериментально с помощью соответствующей программной утилиты операционной системы Windows и статистикой о числе одномоментных обращений пользователей к системе и в частности к БД. В соответствии с этим даны рекомендации по выбору конфигурации серверов.

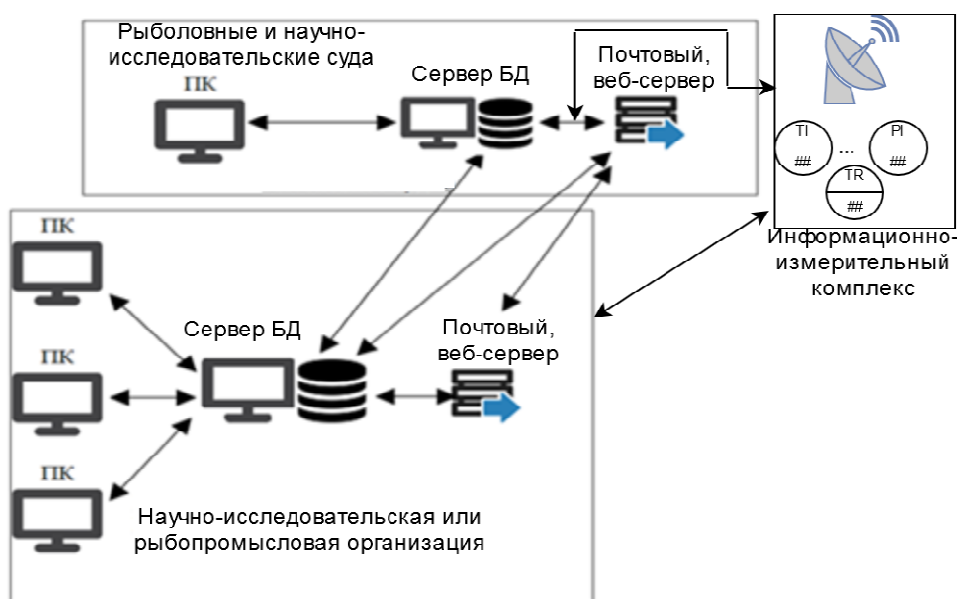


Рисунок 83 – Обобщенная техническая структура АСППР. Схема взаимодействия судовых и береговых серверов в АСППР

Для реализации функций АСППР, исходя из определённых потоков информации и возможных режимов работы системы управления и локальной вычислительной сети, может быть выбрана следующая конфигурация серверов: процессор Intel Xeon-Silver 4110, оперативная память 32 Гб, жёсткие диски 6 шт. по 1ТБ, видеокарта с объемом видеопамати равным 512Мб. При разработке и эксплуатации АСППР подробно анализировались рекомендуемые характеристики сервера, ПК и мобильных устройств пользователей системы.

В качестве такого сервера для научной или промышленной организации проходила испытания конфигурация на базе указанного процессора Intel Xeon-Silver 4110. Конфигурация сервера:

Сервер HPE ProLiant ml350 Gen10 (Tower / 5U)

Корпус: Корпус HPE ML350 Gen10 (В x Г x Ш: 46,25 x 64,8 x 17,4 см) (hp_ml350-g10_chassis);

Процессор: 1 Процессор с 2 вентиляторами HPE ML350 Gen10 Intel Xeon-Silver 4110 (2.1GHz/8-core/85W) Processor Kit (866526-B21);

Память: 2 шт. Модуль памяти HPE 16GB (1x16GB) 1Rx4 PC4-2666V-R DDR4 Registered Memory Kit for Gen10 (815098-B21);

RAID-контроллер: 1 Контроллер HPE Smart Array P408i-a SR Gen10/2GB Cache(no batt. Incl.)/12G/2 int. mini-SAS/AROC/RAID 0,1,5,6,10,50,60 (requires 875241-B21) (804331-B21);

Дополнительные принадлежности и аксессуары HPE ML350 Gen10 8SFF HDD Cage Kit (874568-B21);

Жесткие диски: 6 штук Жесткий диск HPE 1TB 2.5"(SFF) SAS 7,2K 12G HotPlug w Smart Drive SC Midline(for Gen9 & ML310e/DL320e v2/DL385p/DL560/DL580 Gen8) (832514-B21);

Удаленное управление: 1 Стандартное управление HP iLO (Firmware HP iLO4 2.0) 4GB NAND - вкл. порты (hp_emb_ilo_std)

Блок питания 1 шт. Дополнительные принадлежности и аксессуары HPE ML350 Gen10 RPS Enablement Kit (874571-B21)

Блок питания: HPE Hot Plug Redundant Power Supply Flex Slot Platinum Low Halogen 800W Option Kit for DL360/380/560 Gen10 (865414-B21);

DVD-приводы: 1 Оптический накопитель HPE SATA DVD-RW, 9.5mm, JackBlack Optical Drive for Gen9 servers (726537-B21)

Сетевой адаптер: 1 Встроенный 4x1GbE сетевой адаптер (hp_dl360_net);

Программное обеспечение: 1 Комплект по HPE Windows Server 2012 R2 Standard Edition 64bit, RU/En, 2P, ROK DVD (ProLiant only) (748921-421)

АСППР разрабатывалась таким образом, чтобы при обеспечении необходимой функциональности предъявлять минимальные требования к ПК и

мобильным устройствам пользователей. Таким образом, как показали тестирование и длительная эксплуатация АСППР, в настоящее время подключаться к АСППР могут пользователи, имеющие стандартную офисную конфигурацию ПК пятилетней и даже десятилетней давности. Однако, все же следует руководствоваться некоторыми современными характеристиками ПК при их выборе для работы в составе АСППР. Предлагается, например, такая конфигурация ПК, показанная в таблице 30.

Таблица 30– Конфигурация ПК пользователя АСППР

Центральный процессор	AMD Ryzen 3 2200G Raven Ridge AM4
Системная плата	Gigabyte B450 I Aorus Pro WIFI (AM4, mini-ITX)
Оперативная память	AMD DDR4 [R744G2606U1S-U] 2666MHz (2x4 Gb)
Блок питания	Be Quiet! Pure Power 11 300W
SSD накопитель	SSD 240Gb PNY CS900 SSD7CS900-240-PB
HDD диск	Toshiba P300 2 Тб

В качестве процессора могут быть выбраны AMD Athlon X4 950 AM4, AMD Ryzen 3 2200G AM4, Intel Core i3-8100 LGA1151-v2. Монитор в АРМ, в связи с необходимостью работы с географическими картами, желательно иметь с большой диагональю равной или более 21 дюйма.

ПК с операционной MS Windows могут быть сразу подключены к АСППР после установки на них соответствующих клиентских модулей. ПК с операционными системами Apple Mac OS, macOS и на базе Linux также могут полноценно использоваться в составе АСППР, но в настоящее время только после соответствующей настройки, например, установки так называемых виртуальных машин и эмуляторов, и такого ПО как Wine, являющегося свободной (не проприетарной, коммерческой) реализацией Win32 API под открытой лицензией GNU LGPL. Без указанной настройки такие ПК могут использовать только ГИС АСППР. Мобильные устройства – планшеты, смартфоны, на базе операционных систем Android и iOS могут являться аппаратной частью АСППР, и их пользователи имеют возможность без ограничения функциональности

использовать ГИС АСППР при условии наличия установленных браузеров Mozilla FireFox или Google Chrome.

В целях повышения отказоустойчивости системы поддержки принятия решений, локальной вычислительной сети судна и резервирования собираемых данных важно предусмотреть на судне дополнительный серверный отсек с резервным сервером (серверами) в другой части судна (помимо главного расположенного в отдельном помещении) и соответственно обеспечить автоматическую репликацию данных с основного сервера (серверов) на резервные.

3.4 Алгоритм проектирования автоматизированной системы поддержки принятия решений

Для оптимизации выбора программно-аппаратного обеспечения АСППР и связей между его компонентами разработан алгоритм проектирования АСППР для организаций, занимающихся исследованием и промыслом ВБР, с учетом особенностей их функционирования и доступности данных пространственно-временного мониторинга. Под оптимизацией в данном случае понимается определение необходимого количества и качества компонентов аппаратного и программного обеспечения при минимизации затрат на его приобретение.

Принимая во внимание цели создания АСППР, в качестве руководящего документа при создании аналогичных систем, целесообразно полагаться на ГОСТ 34.601-90 “Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания”. С учетом методов системного анализа, понятий структурного анализа и структурных моделей сложных систем можно сделать вывод, что одной из важнейших характеристик любой системы является ее структура. Структура системы представляет собой совокупность элементов и связей между ними. Поэтому создаваемой системе можно сопоставить ориентированный граф, направления дуг которого совпадают с направлениями связей, вершинами которого являются элементы системы, а ребрами — существующие непосредственные связи между элементами. Рассмотрим ориентированный граф

$G(N,E)$, где N – множество вершин, E – множество ребер. Основой структуры АСППР является набор датчиков или измерительных приборов (далее по тексту термин датчик подразумевает и измерительный прибор) и (или) АРМ (для камеральной обработки) для измерения/определения абиотических и биотических факторов, серверов для хранения собранной информация, АРМ экспертов и ЛПР, на которых происходит обработка и анализ информации. Множество вершин графа соответствует множеству измеряемых факторов (n_i), датчиков, АРМ, серверов, ПК или операций обработки анализа данных и формирований решений. Ребра (e_j) и их направление показывают связь измерительных приборов, АРМ с серверами хранения или другим программно-аппаратным обеспечением, необходимым для добавления информации на сервер, ПК, аналитическими операциями. Каждое ребро e_j описывается двумя элементами (u, v): u - **начальная вершина** дуги, а v - **конечная вершина**. В этом случае граф, отображающий структуру АСППР, может быть представлен в виде транспортной сети с истоком s и стоком t . Для выбора элементов структуры АСППР в такой граф вначале (слева направо) добавляются все рассматриваемые, предварительно выбранные датчики, АРМ камеральной обработки, сервера, ПК и другое оборудование. Список компонентов программно-аппаратного обеспечения может быть создан как вручную, так и автоматически. Автоматически список создаётся, например, путём получения ассортимента интернет-магазина (ов) программного и аппаратного обеспечения с помощью метода GET HTTP-протокола, если интернет-сайт, портал предоставляет соответствующий API. В зависимости от ассортимента интернет-магазина, потребностей, опыта, знаний экспертов и ЛПР набор возможных компонентов программного обеспечения, АРМ может быть очень широк. Возникает задача выбора наиболее подходящих компонентов по каким-то параметрам и определение оптимального их количества. Задача исключения избыточных и неподходящих элементов из имеющегося широкого их набора можно представить в виде задачи нахождения максимального потока в транспортной сети. Те элементы, через которые будет проходить найденный максимальный поток, следует выбрать и использовать в качестве элементов

системы. Если максимальный поток окажется меньше заданного количества измерений факторов, то это значит, что для какой-то части системы элементы не подходят и необходимо провести ревизию и анализ предварительной структуры системы.

В связи с тем, что в АСППР основой для расчетов, анализа и формирования рекомендаций и решений является наличие измеренных тех или иных факторов среды, параметров биологического состояния ВБР, то предлагается в качестве первого подграфа структуры, планируемой АСППР рассматривать множество ребер, соединяющих параметры и факторы с истоком. В этом случае вес ребер (пропускная способность), соединяющих исток с факторами, показывает количество измерений каждого фактора, необходимых для анализа и формирования решений. Уровень детализации измерений может быть различным и зависит от взгляда проектировщиков, ЛПР. Так, в качестве измерения может быть выбран расчет количества экземпляров и (или) биомассы каждого вида фитопланктона, а может учитываться комплексный показатель – количество проб фитопланктона, которое установлено в 150 проб в год [73]. При таком подходе граф планируемой структуры АСППР будет представлять поток необходимых измерений от этапа их ввода до итогового анализа и формирования выводов и рекомендаций. При такой постановке задачи вес ребер, соединяющих факторы с датчиками, показывает количество измерений фактора, которые могут быть осуществлены датчиком в заданный разработчиком (ЛПР) интервал времени (день, месяц, год и т.д.). Так как в большинстве случаев для современных измерительных приборов, например, температуры, нет существенных физических ограничений на количество измерений в единицу времени (день, месяц или год), то вес этих ребер будет равен количеству измерений факторов, заданных разработчиком изначально. Однако, если в структуре системы АРМ для камеральной обработки рассматривается, как отдельный элемент системы, то количество измерений, проведенных специалистом на этом АРМ, не будет превышать некоторого значения (предела) за выбранный интервал времени. Учет

этого предела при расчете максимального потока поможет определить необходимое количество рабочих мест и соответственно ПК в составе АРМ.

Для точной идентификации особенностей измерительных приборов или ПК при анализе структуры, для исключения приборов или ПК, не соответствующих заданным требованиям - целесообразно в весе ребра учитывать их характеристики, например, погрешность измерений или разрешение, диапазон датчика, объём жестких дисков или оперативной памяти у ПК, серверов. Учесть диапазон измерений, погрешность измерения можно путем суммирования с количеством измерений, которые должны быть произведены за заданный промежуток времени в АСППР. Таким образом, вес ребра будет отражать интегральный показатель. В связи с тем, что количество измерений и погрешность, диапазон измерительного прибора, объём дисков и т.п. являются разными по физическому смыслу величинами и могут сильно отличаться по абсолютным значениям, то возможно необходимо прибегнуть к нормированию (стандартизации) данных:

$x_{\text{норм}} = (x_i - x_{i,\text{min}}) / (x_{i,\text{max}} - x_{i,\text{min}})$, или $x_{\text{норм}} = (x_i - M(x_i)) / \sigma$, где $M(x_i)$, σ – математическое ожидание и стандартное отклонение соответственно.

Однако при построении интегральных обобщающих показателей часто возникает ситуация, когда нормирование данных не дает нужного результата. Так большое количество измерений датчиком и его широкий диапазон измерений положительно характеризуют датчик, но большая погрешность - отрицательно. Для разрешения таких проблем необходимо приведение всех данных, используемых в построении интегрального показателя, к единой унифицированной шкале [11]. Унифицированная шкала используется при построении интегральных показателей из различных переменных. Она принимает значения от 0 до N и имеет единую систему интерпретации: чем выше значения переменной в унифицированной шкале, тем выше значение интегрального показателя. При $N = 2000$ получаем шкалу от 0 до 2000.

В случае, когда большое значение показателя положительно характеризует программное и аппаратное обеспечение, АРМ, то нормированное значение можно рассчитать по формуле:

$$x_{\text{норм}} = N * (x_i - x_{i,\text{min}}) / (x_{i,\text{max}} - x_{i,\text{min}}) ;$$

В случае, когда большое значение показателя отрицательно характеризует программно-аппаратное обеспечение, АРМ, то нормированное значение можно рассчитать по формуле:

$$x_{\text{норм}} = N * (x_{i,\text{max}} - x_i) / (x_{i,\text{max}} - x_{i,\text{min}}) ;$$

Покажем на конкретном примере. Допустим каждый год необходимо делать не менее 2000 измерений температуры на заданном горизонте океанографической станций, максимальное предполагаемое число измерений равно $N=6000$. Для измерения этого фактора можно использовать STD-зонд или датчик течений Вектор-2. Очевидно, что оба измерительных прибора измерят 2 тыс. раз температуру на горизонте, т. е. вес ребра, идущего к обоим датчикам, будет равен 2000. Но, если ЛПР решает при выборе датчиков учитывать погрешность измерений, которая у первого равна 0.005, а у второго - 0.03, диапазон измерений первого $-5 - +35^{\circ}\text{C}$, второго: $-2 - +28^{\circ}\text{C}$, то применяя приведённые формулы, принимая минимально/максимально возможную погрешность датчиков 0.001/1, минимальный/максимальный диапазон $10/100^{\circ}\text{C}$ и минимум/максимум количество измерений $10/6000$, получаем вес ребра, соединяющего узел, относящийся к STD-зонду, будет равен 9969.298, а к Вектору-2 — 9152.481. Таким образом, при расчете максимального потока с использованием модифицированного алгоритма Форда-Фалкерсона STD-зонд будет идентифицирован как более предпочтительный датчик для АСППР из двух, измеряющих температуру. Вес ребер, соединяющих датчики с серверами БД, может показывать возможный объём сохранения данных на сервере за интервал времени (например, 45 тыс. измерений массы особей ВБР за год), с учетом общего объёма дискового пространства сервера для хранения уже имеющегося архива данных или других задач. Вес ребер, соединяющих сервер с АРМ для анализа состояния ВБР и среды обитания, показывает объём информации, необходимой

для расчетов, производимых на ПК указанного рабочего места. Эксперт, ЛПР свободны в выборе того, что будут отражать веса ребер графа структуры системы, так как в модуле АСППР, разработанном для создания, анализа и оптимизации структуры системы, автоматизирован процесс выбора и расчета веса ребер.

Все вершины такого графа для наглядности желательно расположить согласно последовательности операций технологического процесса формирования рекомендаций и решений АСППР – а именно: ввод, хранение, обработка, анализ данных и формирование решений (рисунок 84). Следует отметить, что операция обработки может происходить и до хранения, и после. Таким образом, граф структуры, создаваемой СППР, будет состоять из подграфов, отражающих последовательность операций.

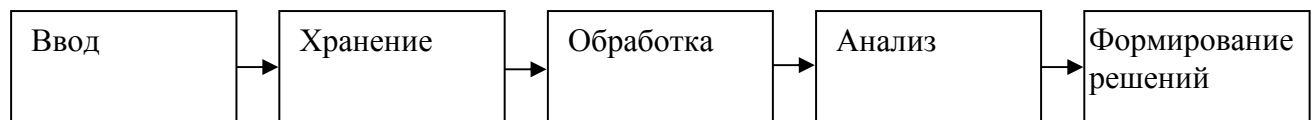


Рисунок 84 – Последовательность операций, на основании которой формируется граф структуры АСППР

Факторы, которые необходимо учитывать в разрабатываемой АСППР, устанавливаются либо ЛПР, либо могут выбираться из уже существующих БД и БЗ. Одним из наиболее эффективных способов выявления необходимых для учета факторов является применение технологии многомерного анализа данных OLAP, реализация которой в АСППР описана в разделе 2.3.

Модификация алгоритма Форда-Фалкерсона при нахождении максимального потока заключалась в следующем: на каждом этапе поиска пути из источника в сток при анализе ребер, исходящих из каждой вершины, находим ребро с максимальным весом, затем пропускаем каждый раз поток по этому ребру, пока его вес не будет равен нулю, т.е. пропускаем весь поток, который умещается в вес ребра и только потом рассматриваем другие ребра, исходящие из этой вершины.

Исходные условия для реализации алгоритма нахождения максимального потока в графе структуры АСППР соответствуют стандартным для алгоритма Форда-Фалкерсона.

Анализируется граф $G(V,E)$ с пропускной способностью $c(u, v)$, потоком $f(u, v)=0$ для ребер из вершин u в v . Необходимо найти максимальный поток из истока s в сток t . При этом на каждом шаге алгоритма для всех потоков действуют условия:

1. $f(u, v) < c(u, v)$;
2. $f(u, v) = -f(v, u)$;
3. $\sum_v f(u, v) = 0 \Leftrightarrow f_{\text{вход}}(u) = f_{\text{выход}}(u)$, для всех узлов u кроме s и t

В результате выполнения алгоритма получаем остаточную сеть $G_f(V, E_f)$, которая является сетью с пропускной способностью $c_f(u, v) = c(u, v) - f(u, v)$.

На выходе алгоритма получаем максимальный поток f из s в t . На каждом шаге алгоритма пока есть путь p из s в t , в котором $c_f(u, v) > 0$ для всех ребер $(u, v) \in p$:

1. найти $cf(p) = \min \{ cf(u, v) \mid (u, v) \in p \}$
2. для каждого ребра $(u, v) \in p$: $f(u, v) = f(u, v) + cf(p)$; $f(v, u) = f(v, u) - cf(p)$
3. Модификация алгоритма: при поиске пути p выбираются в первую очередь те ребра, из каждой вершины u у которых пропускная способность максимальна $c(u, v) = \max \{ c(u_i, v_j) \}$ и это ребро используется в качестве части пути из истока в сток, пока поток через него не станет равным его пропускной способности.

Продемонстрируем пример создания структуры АСППР. Допустим, что для анализа и прогнозирования промысла ЛПР некоторой исследовательской или промысловой организацией принято решение собирать только данные по температуре и давлению, солености (t, p, s) – характеризующие состояние среды обитания ВБР и массы и длины (m, l) ВБР, характеризующие биологической состояние. В результате автоматического анализа коммерческих предложений организаций, реализующих измерительные приборы по характеристикам (диапазон измерения, погрешность и т. п.), соответствующим задаче, выбрано пять измерительных приборов. Три измерительных прибора в нескольких сочетаниях могут измерять параметры среды – это могут быть прежде всего STD-зонды и солемеры, описанные в первой главе. Два измерительных прибора могут

использоваться для измерения массы и длины ВБР – электронные мерные доски и весы. При этом установлено, что для формирования рекомендаций по ведению промысла достаточно в среднем в месяц проводить 3000 измерений температуры и давления, 1200 измерений солености воды и по 4500 измерений массы и длины ВБР. Для хранения собранных данных подходят два сервера, различающиеся производительностью процессора (с учетом тактовой частоты, кэш-памяти, количества ядер и т.д.) и емкостью жестких дисков. Обработка и анализ данных могут производиться на трех АРМ, два из которых АРМ для обработки данных состояния среды отличающиеся, например, производительностью ПК, входящих в их состав. Формировать окончательные рекомендации для ЛПП по результатам предварительного автоматического отбора могут два АРМ для ЛПП.

Алгоритм построения структуры АСППР должен не только выявлять избыточные и не соответствующие по характеристикам элементы, но и помогать определить недостаточность количества выбранных серверов, БД, АРМ или другого аппаратного и программного обеспечения. Для этого предварительно выбирается пороговое значение характеристики/показателя, например, емкость жестких дисков или производительность АРМ. В случае если значение этого показателя, например, у сервера ниже порогового значения, то интегральный показатель уменьшается на соответствующую величину. В результате такого подхода по результатам работы алгоритма нахождения максимального потока - величина потока в стоке может быть меньше ее величины в истоке $f_{\text{вход}}(u) > f_{\text{выход}}(u)$ и это будет свидетельствовать о необходимости добавить в структуру АСППР ещё один сервер БД или АРМ. На основании этого составляется граф предварительной структуры АСППР с распределением потоков информации о среде обитания и биологическом состоянии ВБР. Граф структуры, созданный в соответствии с описанным примером, показан на рисунке 85.

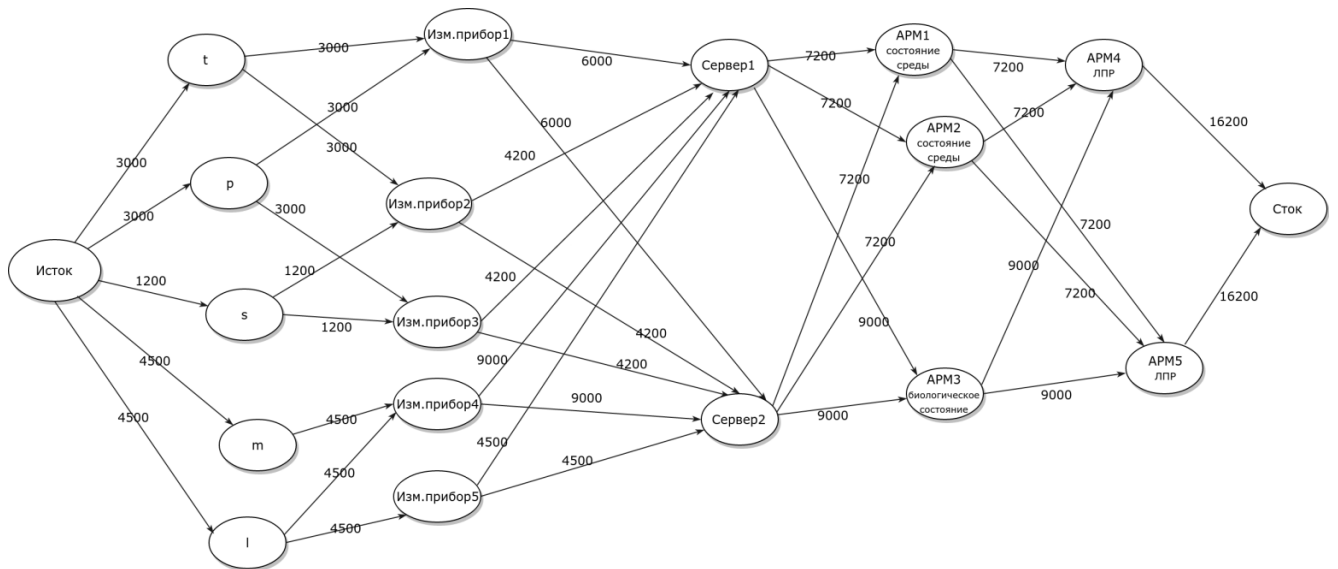


Рисунок 85 – Граф предварительной структуры АСППР

Используя в качестве веса ребер интегральный показатель, учитывающий количество измерений, погрешность измерительных приборов, производительность серверов, ПК и другие характеристики, установленные лицом, принимающим решения как значимые при выборе элементов АСППР, то граф, представленный на рисунке 85, может выглядеть так, как показано на рисунке 86.

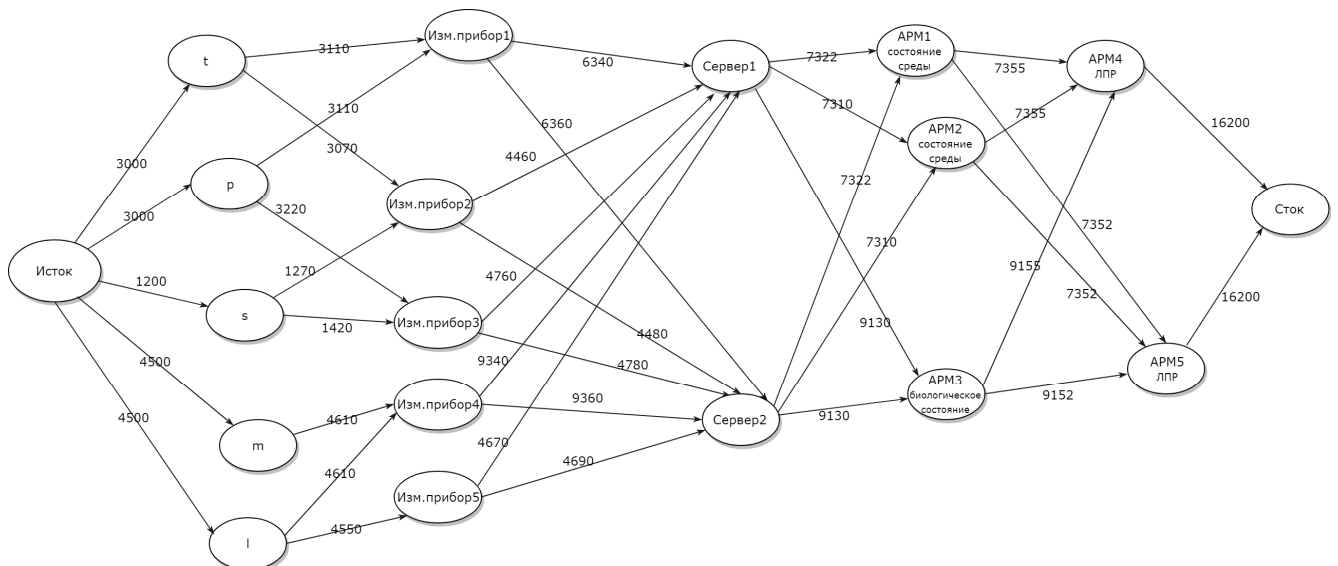


Рисунок 86 – Граф структуры АСППР с весами ребер в виде интегрального показателя

Для автоматизации описанного процесса выбора программно-аппаратного обеспечения АСППР и связей между его компонентами создан программный

модуль в составе разработанной АСППР. Граф предварительной структуры АСППР в интерфейсе этого модуля показан на рисунке 87.

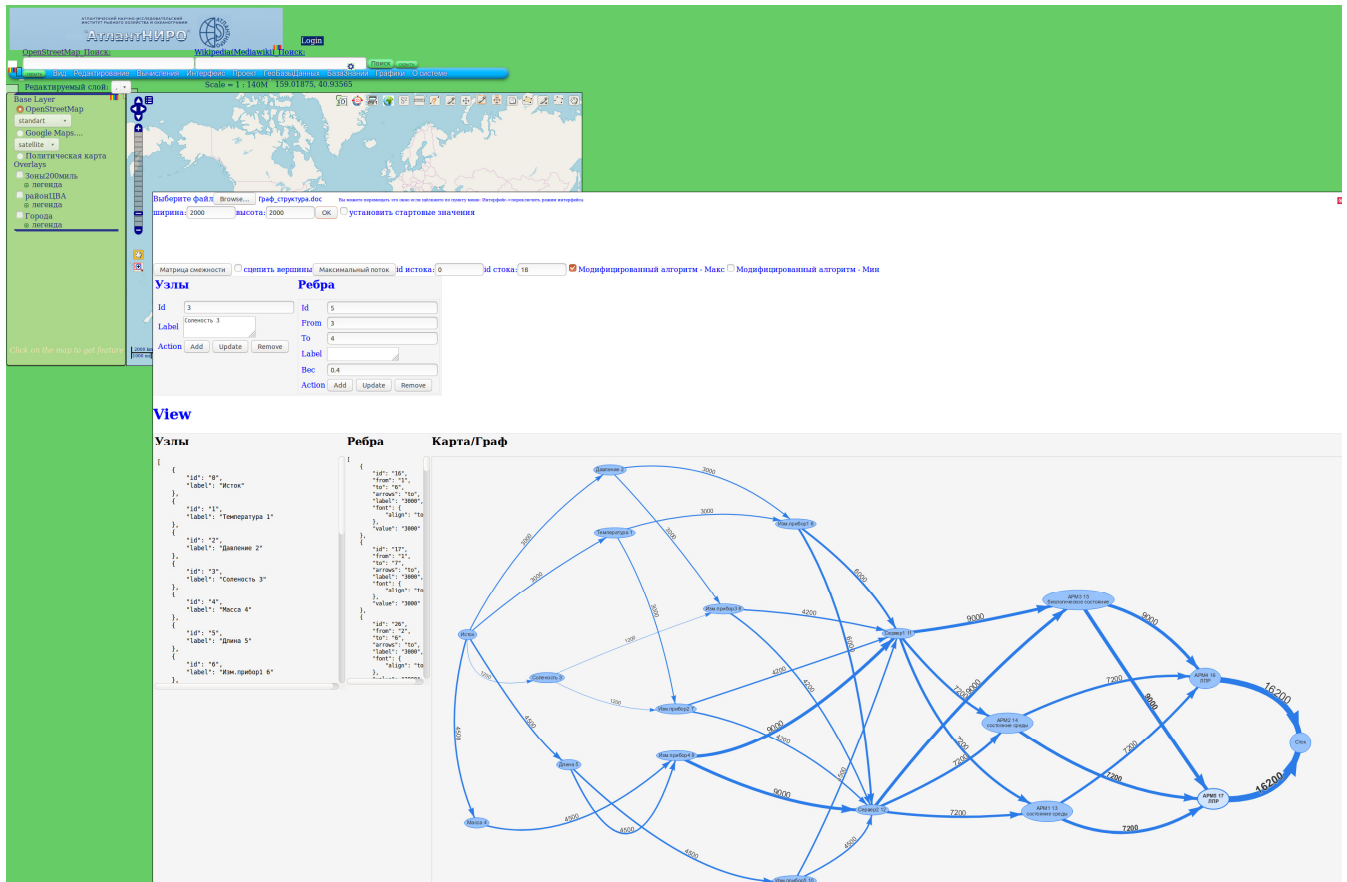


Рисунок 87 – Интерфейс модуля для формирования графа структуры АСППР

Результат выбора элементов структуры АСППР после отработки модифицированного алгоритма Форда-Фалкерсона для нахождения максимального потока показан на рисунке 88.

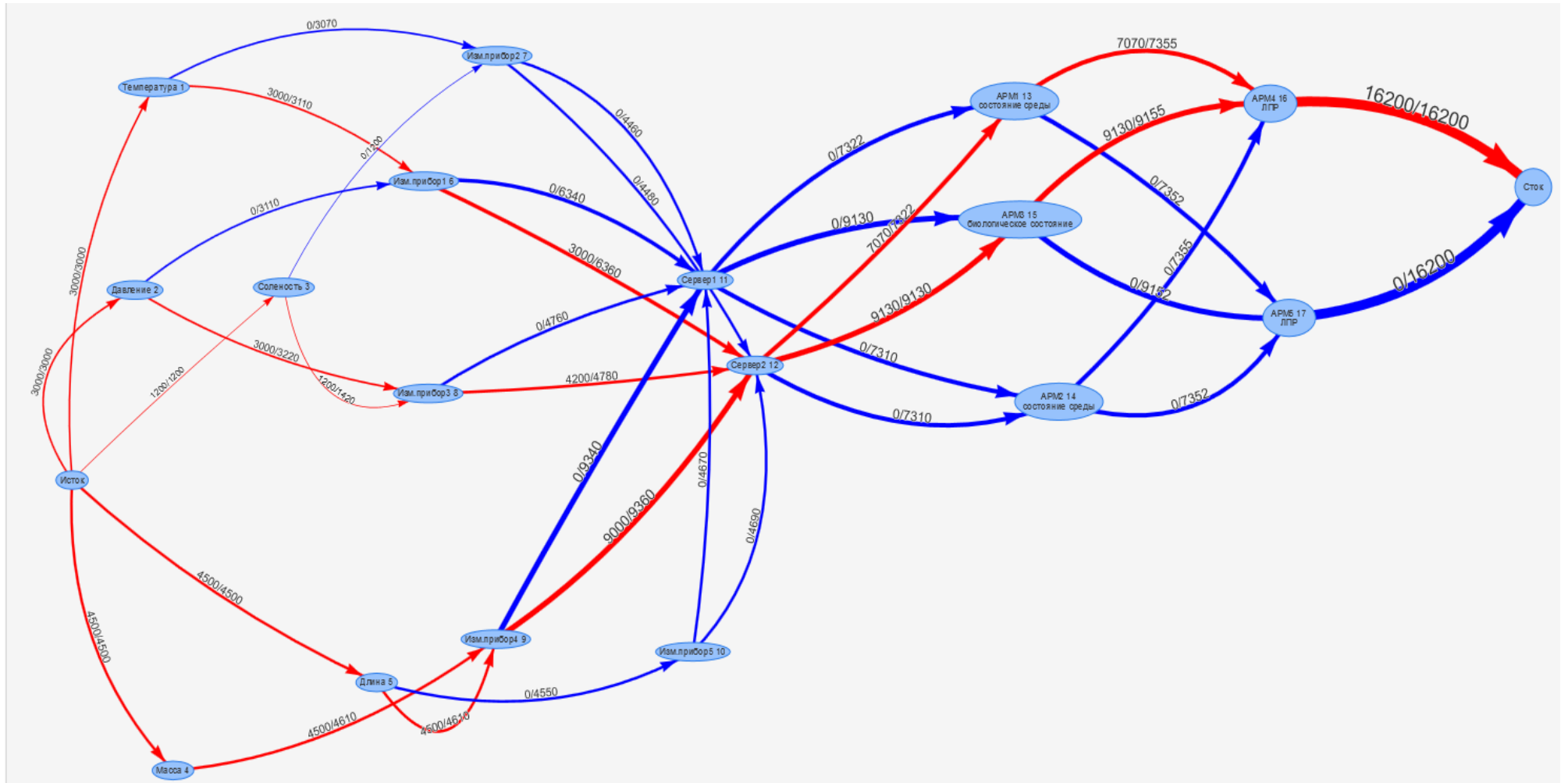


Рисунок 88 – Результат работы алгоритма проектирования АСППР для организаций, занимающихся исследованием и промыслом ВБР, с учетом особенностей их функционирования и доступности данных пространственно-временного мониторинга. Красным цветом выделены ребра (у которых числитель веса ребер не равен нулю), соединяющие выбранные с помощью алгоритма измерительные приборы, сервера и АРМ

На рисунке 88 веса ребер обозначены двумя числами, разделёнными косой чертой – первое показывает рассчитанный поток через это ребро, второе показывает исходную пропускную способность ребра. Элементы, которые выбраны для структуры системы, соединяются ребрами, у которых первое число не равно нулю, т.е. информационный поток будет проходить через эти элементы, соединённые связями, символизируемыми указанными ребрами. В названии каждой вершины графа в конце стоит число, отражающее уникальный идентификатор элемента. Матрица смежности графа, показываемая пользователю и используемая для расчетов при работе алгоритма, представлена на рисунке 89.

Матрица смежности																			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Исток	
3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 Температура 1	
3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 Давление 2	
1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 Соленость 3	
4500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 Масса 4	
4500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 Длина 5	
0	3110	3110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6 Изм.прибор1 6	
0	3070	0	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7 Изм.прибор2 7	
0	0	3220	1420	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8 Изм.прибор3 8	
0	0	0	0	4610	4610	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9 Изм.прибор4 9	
0	0	0	0	0	4550	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10 Изм.прибор5 10	
0	0	0	0	0	0	6340	4460	4760	9340	4670	0	0	0	0	0	0	0	11 Сервер1 11	
0	0	0	0	0	0	6360	4480	4780	9360	4690	0	0	0	0	0	0	0	12 Сервер2 12	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7322	7322	0	0	0	0	0	13 АРМ1 13 состояние среды	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7310	7310	0	0	0	0	0	14 АРМ2 14 состояние среды	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9130	9130	0	0	0	0	0	15 АРМ3 15 биологическое состояние	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7355	7355	9155	0	0	16 АРМ4 16 ЛПР	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7352	7352	9152	0	0	17 АРМ5 17 ЛПР	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16200	16200	0	18 Сток

Рисунок 89 – Матрица смежности графа структуры АСППР

В интегральном обобщающем показателе, который используется в качестве веса ребер, может быть учтена также очень важная характеристика программно-аппаратного обеспечения – его стоимость. Для отбора элементов системы по этой характеристике при разработке АСППР создана функция, реализующая для этого дополнительно модифицированный алгоритм Форда-Фалкерсона, который отличается от исходного тем, что в качестве веса ребер устанавливается стоимость программного и аппаратного обеспечения. При расчете потока через такой граф для каждой вершины u из множества входящих ребер определяется ребро с минимальной пропускной способностью

$c(v, u) = \min\{c(v_j, u_i)\}$ и оно используется для нахождения пути, а пропускная способность всех остальных ребер устанавливается равной нулю $c(v, u) = 0$.

Таким образом, алгоритм проектирования АСППР для организаций, занимающихся исследованием и промыслом ВБР, можно представить в виде блок-схемы, показанной на рисунке 90.

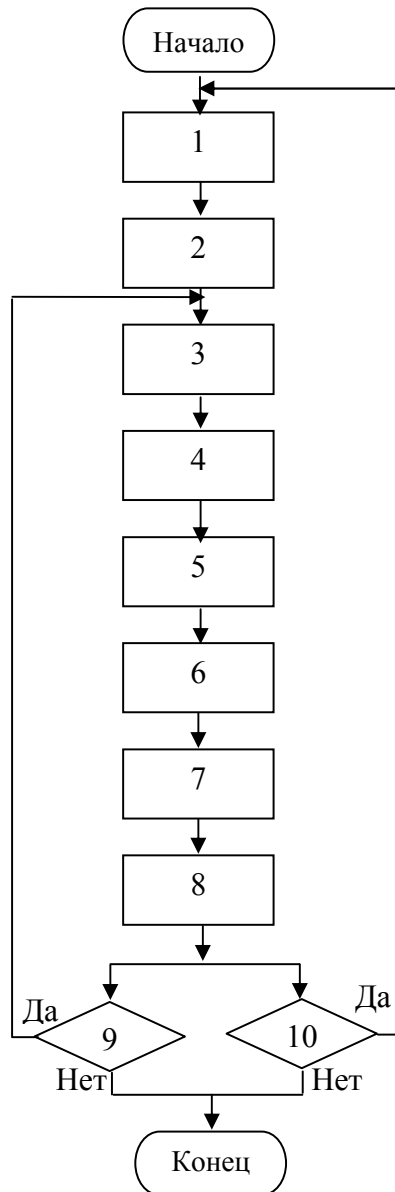


Рисунок 90 – Блок-схема алгоритма проектирования АСППР для организаций, занимающихся исследованием и промыслом ВБР, с учетом особенностей их функционирования и доступности данных пространственно-временного мониторинга

Обозначения, принятые на рисунке 90:

1. Определение набора факторов, параметров среды и биологического состояния ВБР, которые необходимо измерять и учитывать во время их исследований и промысле. Определение происходит либо на основе опыта и знаний ЛПР, или с использованием технологий OLAP и Data mining на основе уже имеющихся у ЛПР БД/ БЗ.

2. Задание списка источников (интернет-магазины, сайты производителей, собственные БД) коммерческих предложений программного и аппаратного обеспечения.
3. Задание предварительных условий отбора программного и аппаратного обеспечения – например, название фирмы-производителя, типа RAID-контроллера для обеспечения резервирования дисковых накопителей, вида интерфейса подключения дисковых накопителей - SATA, SATA RAID Edition, SAS Near Line и SAS Enterprise, типа операционной системы (UNIX/не UNIX-подобная, проприетарная или открытая) и т.п.
4. Автоматический отбор с помощью технологии REST API из списка, полученного на втором шаге, названий аппаратного и программного обеспечения и его характеристик.
5. Создание графа предварительной структуры проектируемой АСППР.
6. Расчет веса каждого ребра графа в виде интегральных показателей характеристик элементов структуры.
7. Запуск модифицированного алгоритма Форда-Фалкерсона для решения задачи нахождения максимального потока в транспортной сети (графе).
8. Анализ результатов работы модифицированного алгоритма Форда-Фалкерсона.
9. Итоговый поток в стоке меньше потока из истока? Следовательно, необходимо увеличить количество элементов структуры АСППР – количество серверов, АРМ или(и) выбрать элементы с другими характеристиками.
10. Прогноз и рекомендации, формируемые АРМ ЛПР, имеют недостаточную достоверность и (или) не приводят к достижению заданных целей при учёте этого прогноза и рекомендаций? Следовательно, необходимо увеличить или изменить набор собираемых (измеряемых) факторов и параметров среды обитания и состояния ВБР.

Предлагаемый алгоритм проектирования АСППР обеспечивает итерационный, гибкий подход к построению системы в зависимости от масштабов поставленных задач перед системой и результатов её функционирования (прежде всего шаги 9 и 10).

Выводы

В третьей главе составлена схема информационных потоков АСППР. Указано, что ПО АСППР создано на языках программирования JavaScript, PHP, Borland Delphi и C++. Обосновано, что разрабатывать программные модули для АСППР целесообразно на основе открытого ПО. Показаны и описаны интерфейсы ГИС и модуля АСППР, выдающего рекомендации из БЗ о ведении исследований и промысла. Представлены модули интеллектуального анализа данных (Data Mining) в АСППР. Составлена функциональная схема программного обеспечения АСППР. Описана техническая структура системы и разработан алгоритм проектирования АСППР (на основе модифицированного алгоритма Форда-Фалкерсона для решения задачи нахождения максимального потока в транспортной сети) для организаций, занимающихся исследованием и промыслом ВБР, с учетом особенностей их функционирования и доступности данных пространственно-временного мониторинга.

ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Автоматизированное рабочее место АСППР

Интерфейс АРМ АСППР эксперта и ЛПР включает блоки для визуализации динамики промысла и изменения биотических и абиотических факторов среды. Важным элементом интерфейса является блок, отображающий результаты анализа биологических данных. Эксперт уточняет определение различных участков промысла, предварительно выделенных в результате статистической обработки априорной информации, а также рекомендует направление судов на промысел, опираясь на собственный опыт, текущее состояние среды (температуры поверхности океана, атмосферного давления, альтиметрии и т.д.), биологического состояния объектов рыбного промысла, обобщённые результаты которого находят отражение в закономерностях для каждого подрайона и времени лова в виде баз знаний, ассоциативных правил, уравнений регрессии и других математических моделей.

Анализ полученных результатов прогнозирования осуществляется экспертно в интерактивном режиме. Эксперт и ЛПР, использующие АСППР, имеют перед собой экран, на который в интерактивном режиме выводится вся необходимая для них информация: исходные данные, результаты анализа, прогноз при различных параметрах настройки блоков системы (длительность временного ряда, количество анализируемых факторов среды и т.п.). Эксперт (ЛПР) должен ответить на соответствующие вопросы системы: утвердить прогноз? отклонить? уточнить, изменить настройки математического метода прогноза? При этом система даёт ответы на вопросы эксперта или ЛПР, основные из которых:

- где, когда и какими средствами возможно организовать промысел ВБР для достижения целей, поставленных ЛПР.
- где, когда и какими средствами необходимо провести научные исследования ВБР для получения необходимых данных и формирования

наиболее достоверных прогнозов и рекомендаций по ведению промысла с учетом рационального природопользования.

Интерфейс АРМ АСППР состоит из множества окон составных частей программного обеспечения, представленных в функциональной схеме ПО в пункте 3.2. В связи с тем, что АСППР является распределённой системой, то АРМ в её составе может быть несколько. В общем случае число АРМ в составе АСППР не ограничено, так как каждый научный наблюдатель, собирающий информацию на судах, инженер, обрабатывающий её, и ЛПР, анализирующий её, могут иметь своё АРМ. Состав и интерфейс АРМ может отличаться в зависимости от технологической операции, выполняемой на отдельно взятом рабочем месте: ввод, хранение, обработка, анализ данных и формирование решений. Физически эти АРМ также располагаются в разных местах: на промысловых судах, научных судах (рисунок 92, 93) в разных подразделениях научно-исследовательских или промысловых организациях. АРМ на научно-исследовательских судах включают помимо непосредственно самого ПК и соответствующего ПО также и измерительные средства, например, такие как СТД-зонд, управляемый посредством устройства SBE 33 carousel deck unit. Обобщённо структура АРМ АСППР показана на рисунке 91.

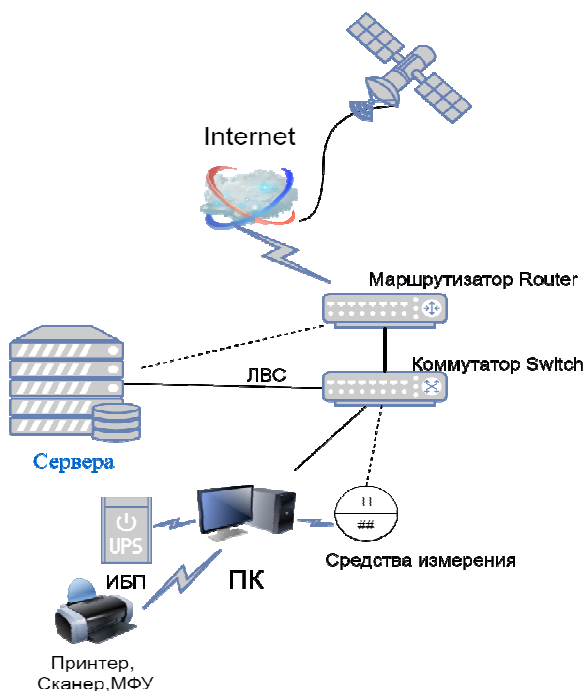


Рисунок 91 - Обобщённая структура аппаратной части АРМ АСППР



Рисунок 92 – Научно-исследовательское судно СТМ «Атлантиро» перед выходом в рейс 2019 г.



Рисунок 93 – Общий вид одного из АРМ (для ввода результатов траловой съёмки) на научно-исследовательском судне СТМ «Атлантида»

Некоторые рабочие места, например, инженера БД как правило объединяют несколько АРМ для реализации технологических операций ввода, обработки и анализа данных. Интерфейс АСППР для АРМ ввода данных научным наблюдателем на промысловом судне или инженером на берегу в научной организации показан в первой главе на рисунке 7. Интерфейс АСППР для АРМ ввода данных о ВБР в научно-исследовательских рейсах показан на рисунке 10 и на рисунке 94.

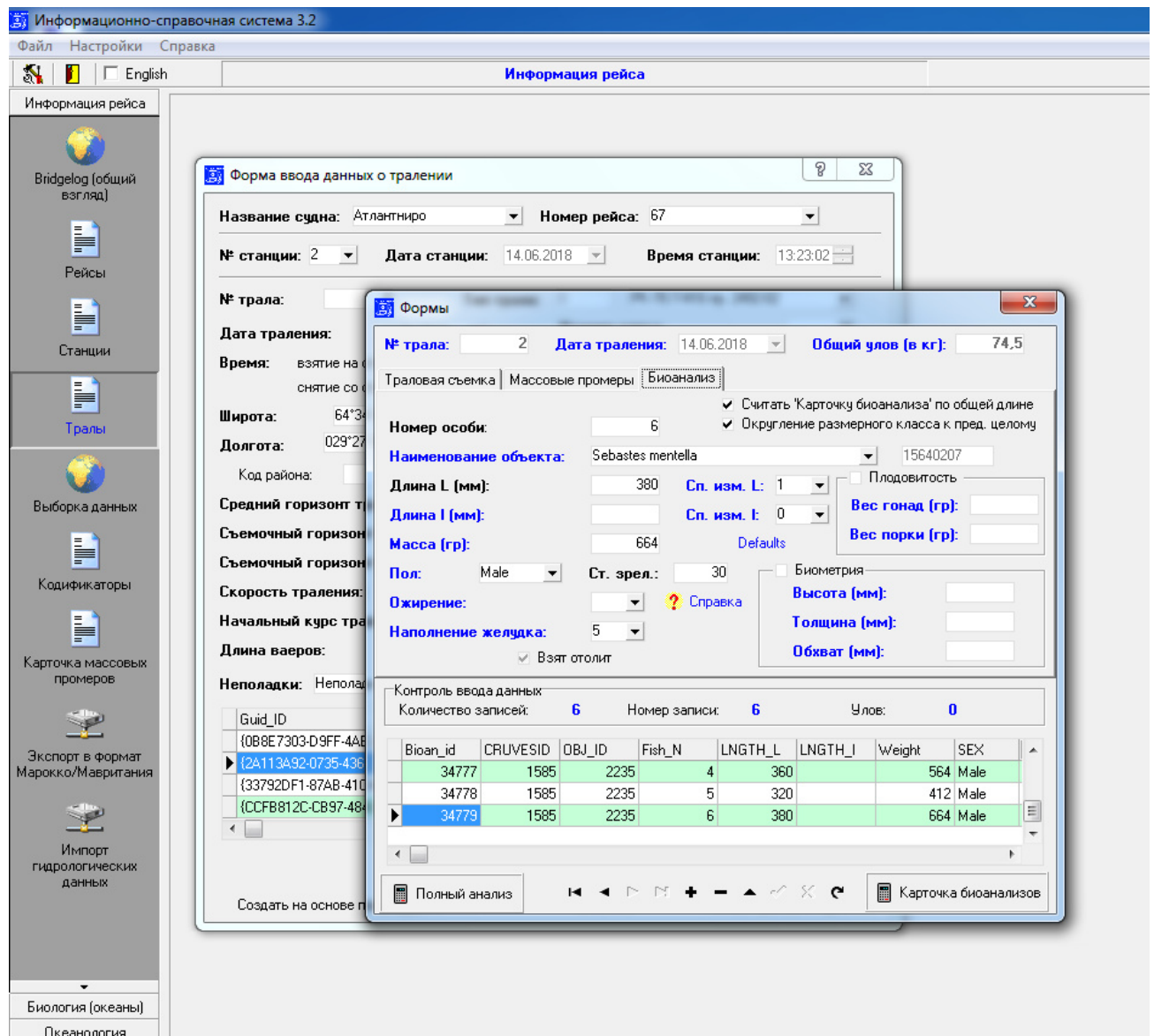


Рисунок 94 – Интерфейс ИСС, модуль ввода данных, форма ввода данных биологического анализа

Введённые данные в интерфейсе АРМ, показанного на рисунке 7 и 94, верифицируются на АРМ инженера БД с помощью программного модуля

Rabotbaz (рисунок 95) и выбираются из БД, анализируются, экспортируются в другие форматы с помощью модуля ИСС для соответствующей БД (рисунок 96).

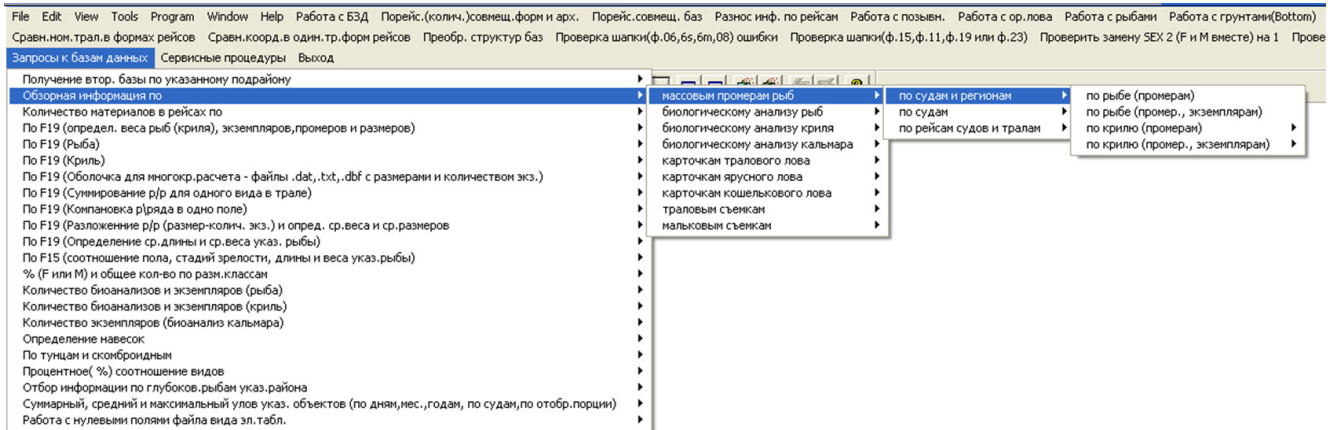


Рисунок 95 – Интерфейс модуля для верификации собранных данных (АРМ инженера БД)

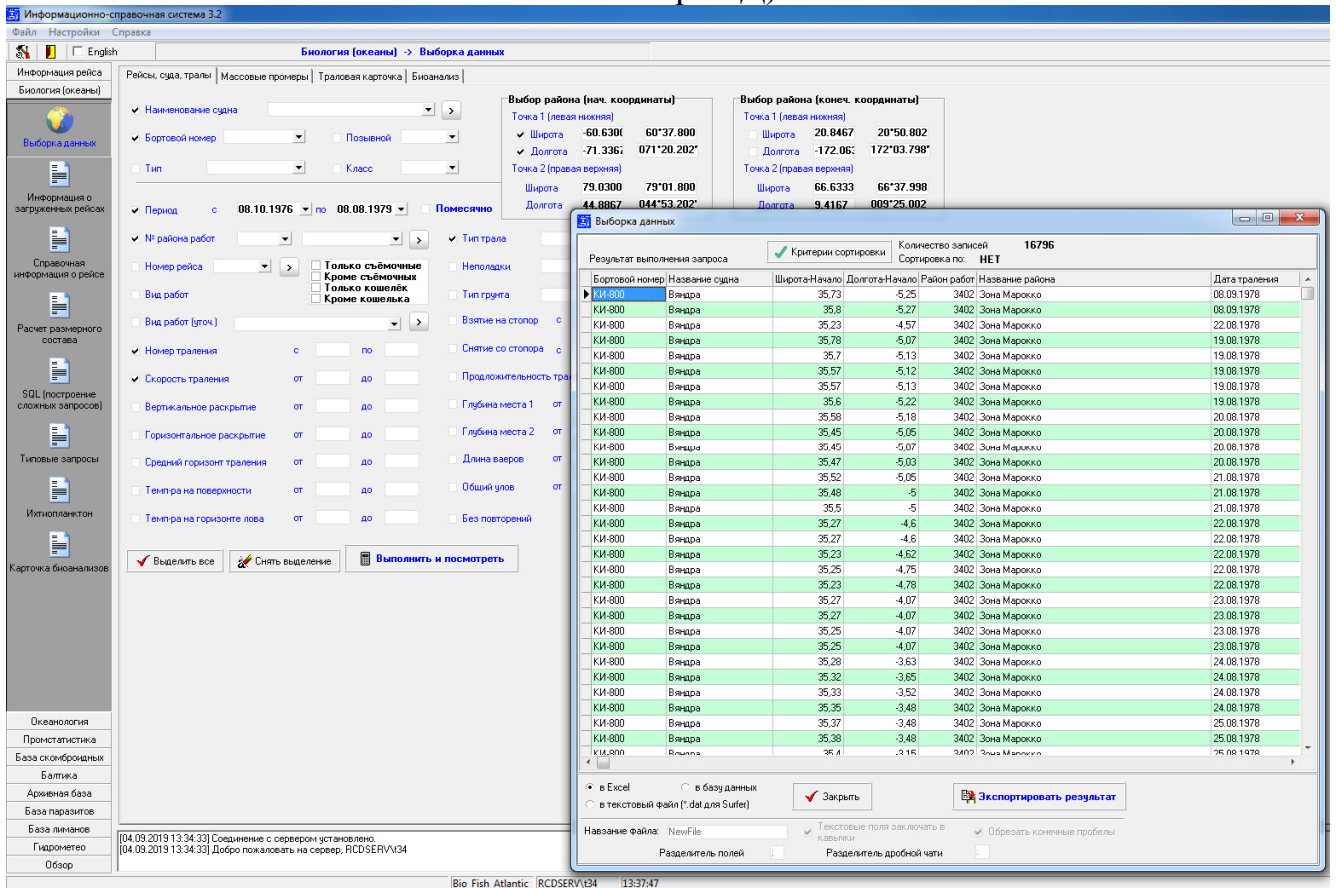


Рисунок 96 – Интерфейс модуля для работы с БД “Биология океанических районов” (АРМ Инженера БД и научного сотрудника - биолога)

Интерфейс АРМ для ввода и анализа гидрологических данных показан на рисунке 39 в главе 1 и на рисунке 97.



Рисунок 97 – Форма выборки и анализа гидрологических данных (OBZerver [13])

С целью заполнения электронной картотеки паразитов рыб Мирового океана разработан модуль, получивший название “ParasiteTyping”. Главное окно программы “ParasiteTyping” показано на рисунке 98.

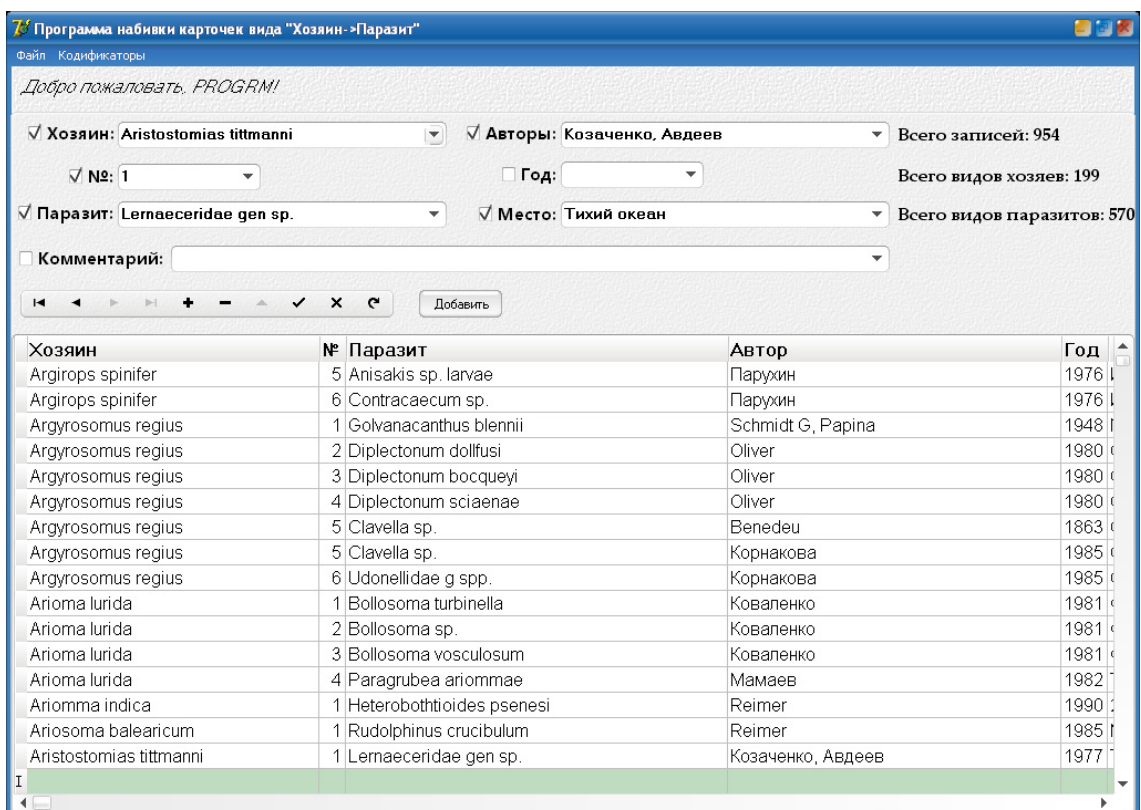


Рисунок 98 – Главное окно программы “ParasiteTyping” (АРМ научного сотрудника – паразитолога)

Указанный модуль позволяет нескольким инженерам одновременно выполнять ввод данных с карточек в промежуточные таблицы, находящиеся на

сервере баз данных. Ввод данных с помощью клиент-серверного приложения даёт ряд преимуществ:

- кодификаторы содержатся в одном экземпляре и пополняются автоматически при вводе новых данных;
- ведение кодификаторов может производиться опытными пользователями, а не только администратором баз данных;
- исключена потеря данных вследствие неверных действий пользователя (например, перезапись новых файлов старыми);
- окончательная обработка таблиц администратором баз данных не требует затрат времени на сбор их у инженеров.

При вводе установленного администратором (несколько сот записей) объема информации администратор баз данных объединяет промежуточные таблицы в одну для пополнения БД. После пополнения БД данные становятся доступными для выбора средствами модуля ИСС под названием «Электронная картотека» в разделе меню «База паразитов». Работа с указанным модулем производится по стандартным правилам, относящимся и к другим модулям в составе ИСС.

Ввиду большой специфичности состава информации по ихтио-фито-бентоса-зоопланктона, для каждого из этих видов планктона создан свой интерфейс ввода. В некоторых случаях исследователь, собирающий данные по планктону или бентосу, может не использовать соответствующий модуль и вводить данные в Excel в таблицу, имеющую структуру и название полей на своё усмотрение. Повышение уровня стандартизации и автоматизации сбора таких данных требует ещё своего решения в рамках АСППР, о чем подробно сказано в первой главе. Интерфейс для ввода данных об ихтиопланктоне показан на рисунке 99.

File Edit Window Help Ввод данных Работа по ведению БД Формирование таблиц Выход

Название судна *(Введите первые русс. буквы)*

Позывной судна

Номер рейса

Дата: Число Месяц Год

Номер станции Широта (град) (мин.)

Номер пробы Долгота (град) (мин.)

Глубина Горизонт лова: верхний нижний Орудие лова *(нажать Enter)* Код

Время начала станции (часы) (мин.)

Время конца станции (часы) (мин.) Продолжительность съемки

Номер дели Диаметр входного отверстия

Угол наклона троса Длина вайеров Скорость траления

Отсчет лага: начальный конечный

Показания счетчика: начальные конечные

Коэффициент счетчика

Вид рыбы *(нажать Enter)* Количество икринок Количество личинок

Код Плотность икры Плотность личинок

Количество мертвой икры Продукция икры

Суточная продукция икры

Заменить Удалить Добавить запись

Первая запись Предыдущая Последующая Последняя Перейти к станции Выход(наж.ESC)

Рисунок 99 – Интерфейс модуля ввода данных об ихтиопланктоне (АРМ ихтиопланктонолога)

Один из вариантов интерфейса АРМ для работы одновременно с ГИС, БД, БЗ, методами Data mining и OLAP, как составной части АСППР, показан на рисунке 100. Это АРМ является основным для ЛПР.

The screenshot shows a multi-paneled application. At the top, there's a menu bar with options like 'File', 'Edit', 'Window', 'Help', 'Ввод данных', 'Работа по ведению БД', 'Формирование таблиц', and 'Выход'. The main area is divided into several sections:

- 1:** A map view showing a heatmap overlay on a geographical area.
- 2:** A search or filter dialog box with a 'CQL фильтр' field.
- 3:** A date selection dialog box with fields for year, month, and day.
- 4:** A configuration dialog box for a layer, including fields for 'set Radius', 'Field for heatmap', 'set intensity', and 'set color'.
- 5:** A table view showing data with columns like 'sumCatch', 'NumberKvadr', 'Sudo_sutkiLova', and 'vlov_sutkiLova'.
- 6:** A text input field for a date, with a dropdown for month and year.
- 7:** A text input field for a coordinate (longitude).
- 8:** A large orange arrow pointing to a specific area on the map.

Рисунок 100 – Интерфейс взаимодействия ЛПР и АСППР (АРМ ЛПР, эксперта)

Составные части интерфейса, показанные на рисунке 100, обозначены следующим образом: 1 - интерактивная географическая карта, 2 - инструмент для фильтрации данных, 3 - блок для выборки данных промысловой статистики из БД, 4 - блок задания параметров интерполяции, 5 - таблицы данных, с которыми работает эксперт, 6 - блок для задания параметров анализа и прогнозирования временных рядов, 7 - блок для выборки абиотических данных из соответствующих БД, в данном случае температуры поверхности океана, 8 - блок 3D картирования. На рисунке 100 показано только небольшое количество окон модулей и надстроек, являющихся частью АРМ ЛПР. Интерфейс разработан с учетом возможности гибко настраиваться экспертом и ЛПР под свои потребности, расположение элементов меняется и сохраняется пользователем для восстановления в других сеансах работы с системой. Предусмотрено добавление новых источников информации и их просмотр на одном окне - например, данные об абиотических параметрах в анализируемом районе, в том числе гидрометеорологические сайты сети Интернет. Поэтому в АСППР может быть множество вариантов интерфейса АРМ для лица, принимающего решения.

Задачей эксперта является определение рациональных участков лова и выдача рекомендаций для принятия решений о направлении судов на промысел на основании собственного опыта с учётом информации, получаемой от системы поддержки принятия решений.

Анализ полученных результатов прогнозирования осуществляется экспертно в интерактивном режиме на АРМ. При неудовлетворительном заключении должен производиться дополнительный анализ данных и целесообразная корректировка параметров (например, корректировка длины окна, классификация главных компонент методики ССА). Этап уточнения анализа и прогноза является важным дополнительным элементом взаимодействия пользователя с интерфейсом АРМ.

4.2 Реализация АСППР

В настоящий момент АСППР реализована на практике в виде большей части запланированных модулей. Сейчас система существует в единственном экземпляре в АтлантНИРО и отдельные её модули использовались в рыбопромысловой организации. Используя опыт настройки, эксплуатации и рекомендации по внедрению, представленные в этой работе, система может быть создана и в другой научно-исследовательской либо рыбопромысловой организации. В АтлантНИРО данная система создавалась поэтапно, последовательно и эволюционно в результате накопления многолетнего опыта работы с собираемыми научными, промысловыми данными и решения задач, стоящих перед научно-исследовательской организацией рыбохозяйственной отрасли. Поэтому используя этот опыт, систематизированный и структурированно описанный, при создании новой версии АСППР можно будет избежать ошибок и задержек, которые возникали на пути создания исходной версии этой системы. Этапы развития АСППР, научно обоснованные подходы к созданию и применению её модулей, последовательно изложены автором и соавторами в научных публикациях [43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 77, 79, 80, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 110, 112, 121, 148, 155].

Одним из первых и важных шагов к созданию системы – это был процесс прокладки ЛВС в организации в начале 2000-х годов, в котором участвовал автор. Затем вычислительная сеть в середине 2000-х была систематизирована и оптимизирована. В настоящее время клиентская часть ИСС (АРМ) в составе АСППР установлена на более чем 30 рабочих местах научных сотрудников, ЛПР и 6 рабочих мест на научно-исследовательских судах. Веб-интерфейс АСППР могут использовать все сотрудники, подключенные к ЛВС и прошедшие идентификацию в системе. Обобщенно структура ЛВС, на которую опирается АСППР, показана на рисунке 101.

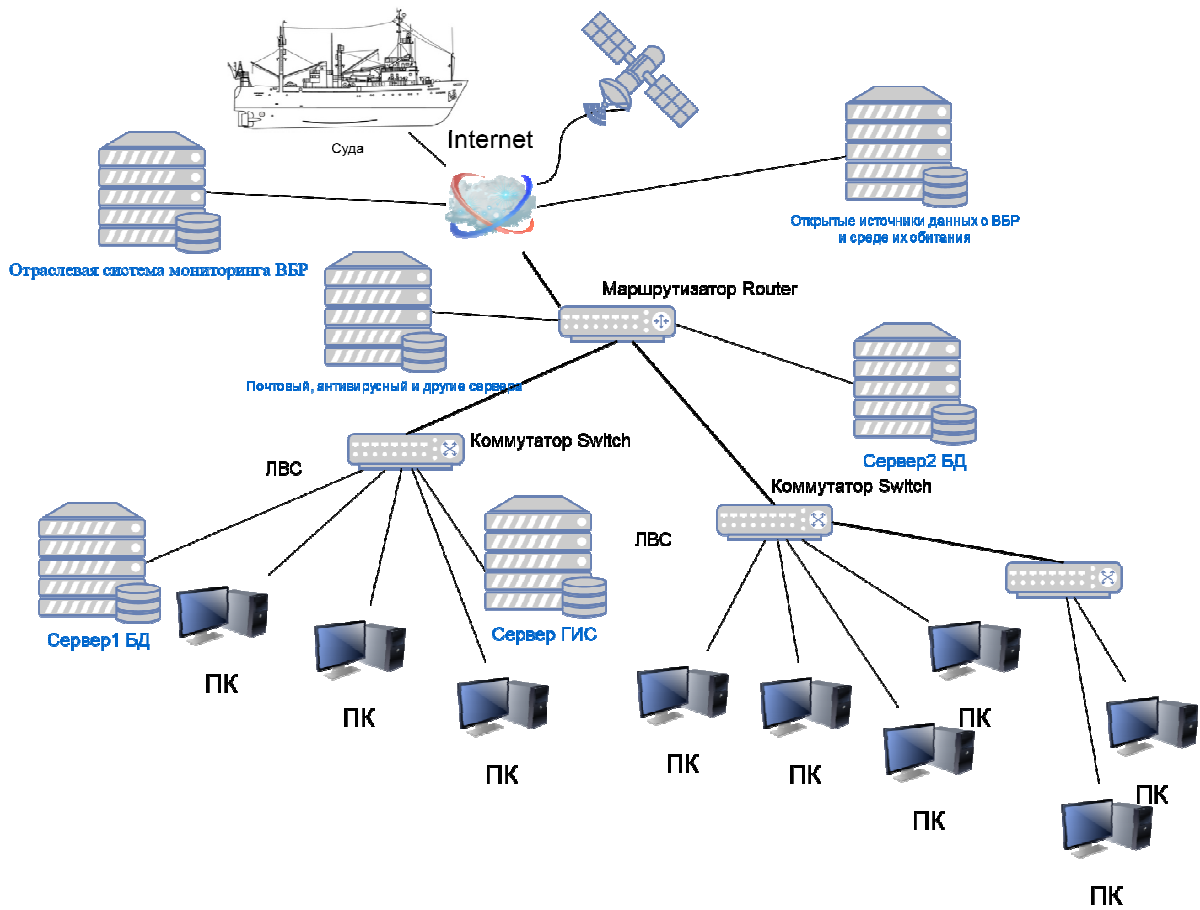


Рисунок 101 – Обобщённая структура ЛВС научно-исследовательской организации АтлантНИРО

Непосредственно на месте в каждом здании на каждом этаже и на судах компьютерная сеть имеет свои особенности и постоянно меняется и модифицируется (рисунок 102). В целом ЛВС имеет смешанную топологию.

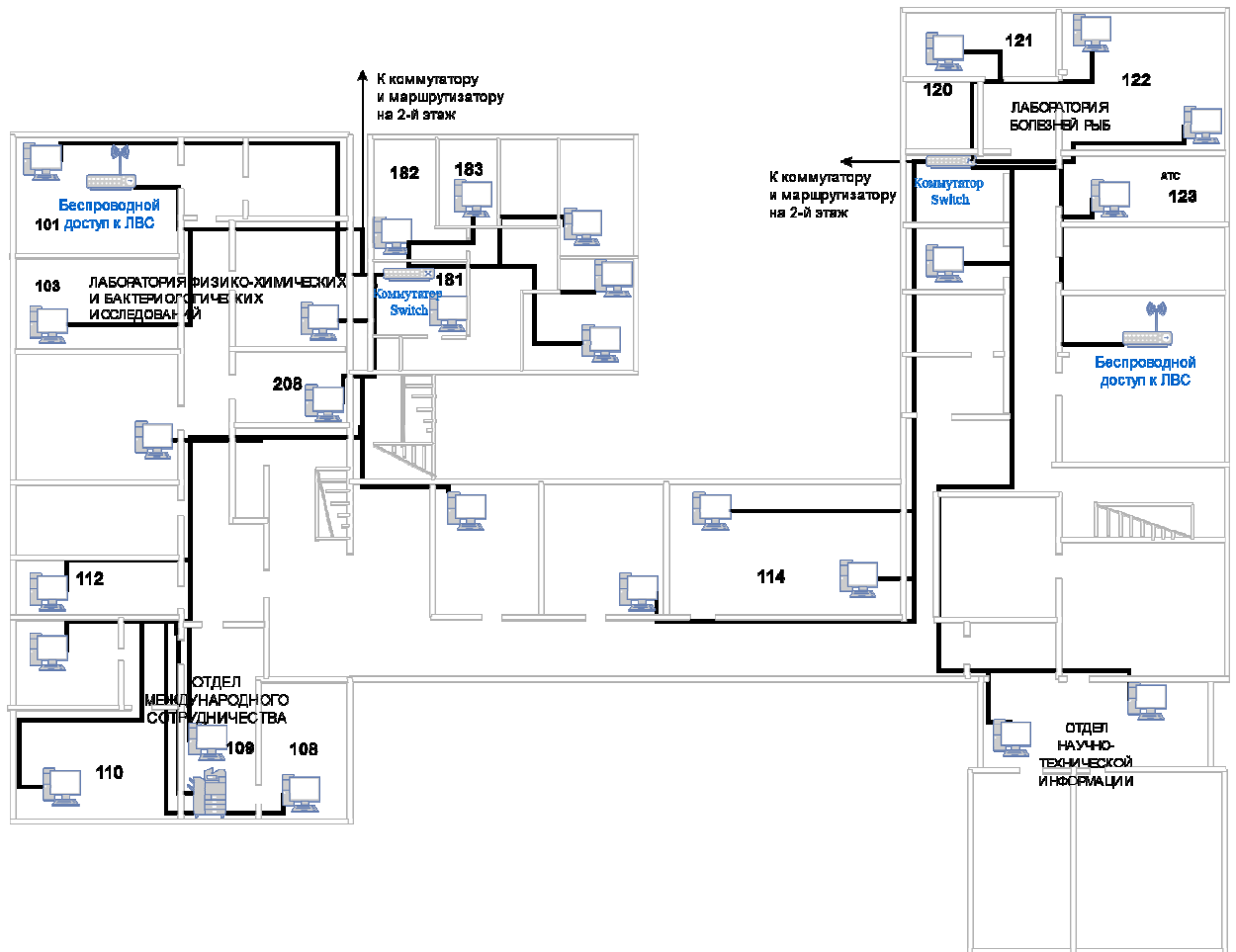


Рисунок 102 – Схема сети первого этажа научно-исследовательской организации АтлантНИРО

Программное обеспечение АСПП создавалось в нескольких интегрированных средах разработки (IDE) Delphi, Microsoft Visual studio, Android Studio. Разработка веб-модулей в составе ГИС АСПП в основном осуществлялась на языках JavaScript и PHP в текстовом редакторе AkelPad. На рисунке 103 показана реализация части алгоритма сингулярного разложения траекторной матрицы временного ряда научных данных (используется в процессе прогнозирования по методике ССА) на языке JavaScript в среде AkelPad. В сети Интернет реализована онлайн-версия картографического модуля АСПП под названием OpenWebGIS, который доступен по адресам http://opengis.dlinkddns.com/gis/opengis_ru.html, <http://openwebgisystem.blogspot.com> OpenWebGIS не имеет доступа к серверам, БД и БЗ АтлантНИРО, обладает

ограниченной функциональностью, но позволяет получить общее представление о ГИС в составе разработанной АСППР.

```

19040 {
19041 var QR= arr;
19042 var n=columns;
19043 var m=rows;
19044 if (document.getElementById("Id_yes_Matrix")&&document.getElementById("Id_yes_Matrix").checked===true)
19045 {
19046 n=document.getElementById("id_colMatrix").value
19047 m=document.getElementById("id_rowMatrix").value
19048 }
19049 var Rdiag=[]
19050 for (var k = 0; k < n; k++) {
19051 var nrm =parseFloat(0);
19052 for (var i = k; i < m; i++) {
19053 nrm = Math.sqrt(nrm*nrm+parseFloat(QR[i][k])*parseFloat(QR[i][k]));
19054 }
19055 if (nrm != 0.0) {
19056 if (QR[k][k] < 0) {
19057 nrm =parseFloat(-nrm);
19058 }
19059 for (var i = k; i < m; i++) {
19060 QR[i][k] /= nrm;
19061 }
19062 QR[k][k] = parseFloat(QR[k][k])+parseFloat(1);
19063 for (var j = k+1; j < n; j++) {
19064 var s = parseFloat(0);
19065 for (var i = k; i < m; i++) {
19066 s=parseFloat(s)+parseFloat(QR[i][k]*QR[i][j]);
19067 }
19068 s = parseFloat(-s/QR[k][k]);
19069 for (var i = k; i < m; i++) {
19070 QR[i][j] =parseFloat(QR[i][j])+parseFloat(s*QR[i][k]);
19071 }
19072 }
19073 }
19074 Rdiag[k] = -nrm;
19075 }
19076 /** преобразование Хаусхолдера
19077 */
19078 */
19079 var XH = [];
19080 var H = XH;
19081 for (var i = 0; i < m; i++) {
19082 H[i]=[];
19083 for (var j = 0; j < n; j++) {
19084 if (i >= j) {
19085 H[i][j] = QR[i][j];
19086 } else {
19087 H[i][j] = parseFloat(0);
19088 }
19089 }

```

Рисунок 103 – Реализация модуля прогнозирования в АСППР в среде AkelPad на языке JavaScript процесса сингулярного разложения временного ряда данных

После обобщения результатов разработки и эксплуатации АСППР, описанных в первых трех главах, создана методика внедрения и использования АСППР в научных исследованиях и промысле водных биоресурсов. Методика

опирается на функциональную структуру АСППР (рисунок 57) и на алгоритм (рисунок 90) проектирования АСППР для организаций, занимающихся исследованием и промыслом ВБР, с учетом специфики их функционирования и доступности данных пространственно-временного мониторинга. Созданная методика в виде блок-схемы алгоритма показана на рисунке 104.

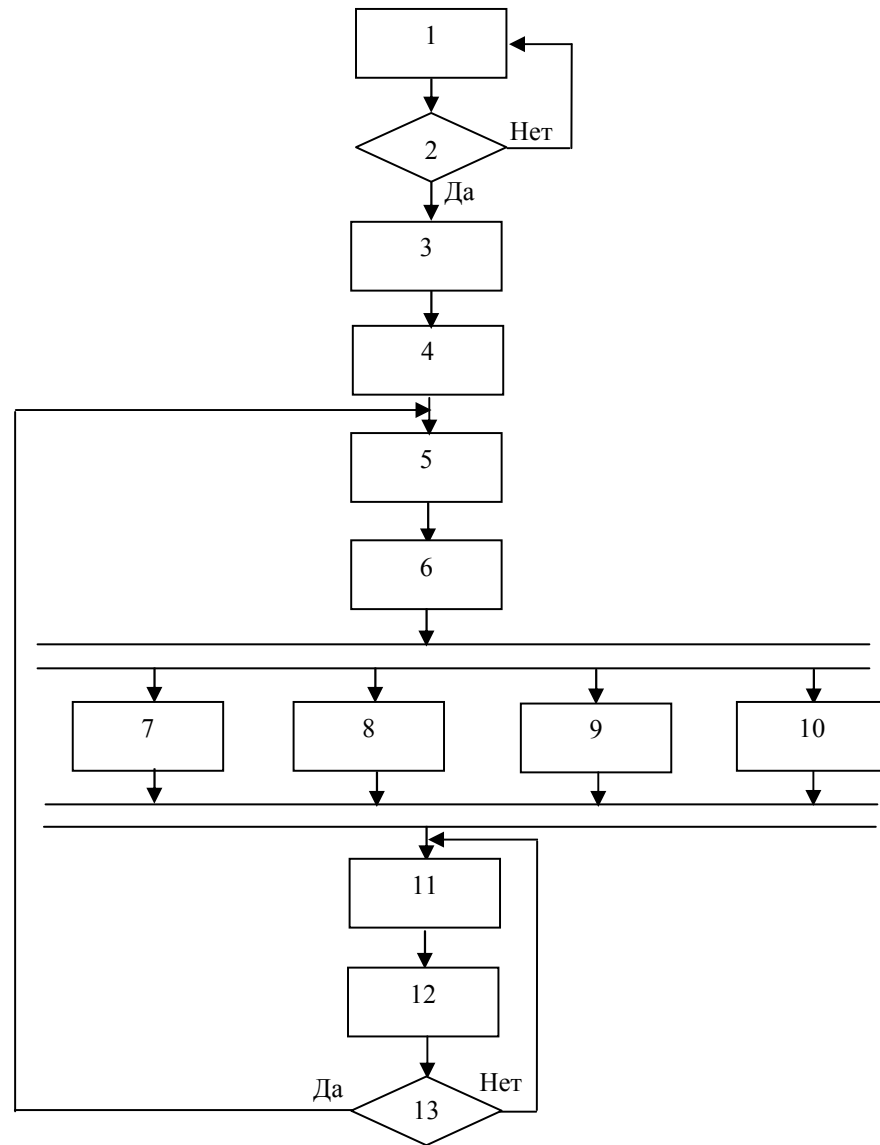


Рисунок 104 – Блок-схема алгоритма внедрения и использования АСППР в научных исследованиях и промысле водных биоресурсов

Обозначения, принятые на рисунке 104:

1. Анализ состояния автоматизации и информатизации научных исследований ВБР и их промысла;
2. Принятие решения о повышении уровня автоматизации и информатизации в научных исследованиях ВБР и их промысле;

3. Анализ состояния ЛВС организации и улучшение её в случае необходимости;
4. Экономический расчет окупаемости;
5. Разработка или изменение структуры на основе алгоритма проектирования АСППР (рисунок 90);
6. Уточнение экономического расчета;
7. Установка и настройка серверов;
8. Установка и настройка измерительных приборов;
9. Установка и настройка АРМ;
10. Наполнение БД и БЗ;
11. Обучение сотрудников;
12. Эксплуатация АСППР согласно функциональной схеме (рисунок 57);
13. Принятие решения ЛПР об изменении АСППР согласно изменившимся обстоятельствам.

4.3 Результаты работы АСППР

Основным резервом повышения эффективности промысла является сокращение непроизводительных затрат промыслового времени, за счет минимизации времени на поиск промысловых скоплений и улучшение изученности динамики промысловой обстановки.

Эффект от внедрения системы в деятельность рыбопромысловой и научной организации будет проявляться через различные управленческие решения и плановые мероприятия, мерой обоснованности которых являются экономические показатели, уровень обеспечения населения качественной, доступной пищевой продукцией с соблюдением принципов рационального природопользования.

По результатам многолетней эксплуатации некоторых модулей АСППР доказала свою работоспособность, оперативность расчётов и востребованность.

При внедрении системы поддержки принятия решений в рыбопромысловых организациях возможно получение быстрой окупаемости. Так, например, затраты на содержание одного модернизированного судна типа РТМКС (рыболовный траулер морозильно-консервный (супер)), равны примерно 20-30 тыс. долларов

США в сутки. При успешном промысле благодаря оперативному наведению на продуктивные участки с помощью АСППР, улов может составлять не менее 95 тонн в сутки. Вместимость трюма РТМКС около 1500 тонн. Значит, заполнится трюм за 16 суток и на содержание будет потрачено 320 тыс. долларов США. В случае ловли скумбрии, тонна которой ориентировочно стоит 1300 долл. США [99], то доход от продажи улова будет равен 1 млн. 950 тыс. долларов США. Прибыль в такой ситуации составит 1 млн. 630 тыс. долларов США.

Стоимость оборудования (без учета измерительных приборов) для системы порядка 2млн 600 тыс. рублей (минимально 2 сервера, 10 ПК, средства связи, сеть, ПО). Необходимо также учесть затраты на оплату сотрудников и некоторые другие затраты. В работе не ставилась задача произвести подробный экономический расчет окупаемости внедрения АСППР, так как это сильно зависит от особенностей каждой организации, поставленных ею задач перед АСППР и соответственно выбранной структуры АСППР согласно алгоритму (рисунок 90) проектирования АСППР для организаций, занимающихся исследованием и промыслом ВБР. Но на основании уже приведённых вероятных общих сумм затрат и прибыли, следует сделать вывод о возможности быстрой окупаемости системы.

Также система создаёт предпосылки для экономии времени и трудозатрат во время научных исследований водных биоресурсов. Так как автоматизированы функции сбора, обработки, хранения и агрегации больших объёмов информации.

Управление рыболовством связано со многими проблемами [1], не только экономического, но в том числе и информационного характера [141]. На это оказывает определяющее влияние недостаток знаний о биологических ресурсах, их состоянии и функционировании. Для популяций ВБР однозначному математическому определению почти не подаются такие важные их характеристики, как пространственно-временная динамика, естественная смертность и формирование пополнения [146]. Используя методы нечеткой логики, когнитивного моделирования, многомерного (OLAP) и интеллектуального анализа (Data Mining), математической статистики и

формального математического моделирования АСППР может предоставлять новую, недостающую информацию о ВБР, среде их обитания, промысле и возможные решения таких проблем.

Концепция АСППР предполагает обеспечение ЛПР информацией, которая позволяет планировать деятельность с учетом динамики численности определённых видов ВБР, местоположения их скоплений. Это в свою очередь дает возможность планировать постройку новых судов, применение соответствующих орудий лова и рассчитывать их окупаемость. Накопление в базах данных и базах знаний АСППР информации о промысле и состоянии ВБР и среды их обитания позволяет анализировать историю промысла, изменения биотических и абиотических факторов за длительный период и делать соответствующие выводы для планирования и корректировки промысла и научных исследований ВБР. Для поддержки принятия указанных решений в АСППР предусмотрено автоматическое формирование отчетов за выбранный период в виде набора рекомендаций по ведению промысла, таблиц с уловами по типам судов, географических карт и диаграмм. Элементы такого отчета показаны на рисунках 105-107, которые представляют агрегированную информацию о результатах исследований и промысла ВБР в интерфейсе АСППР.

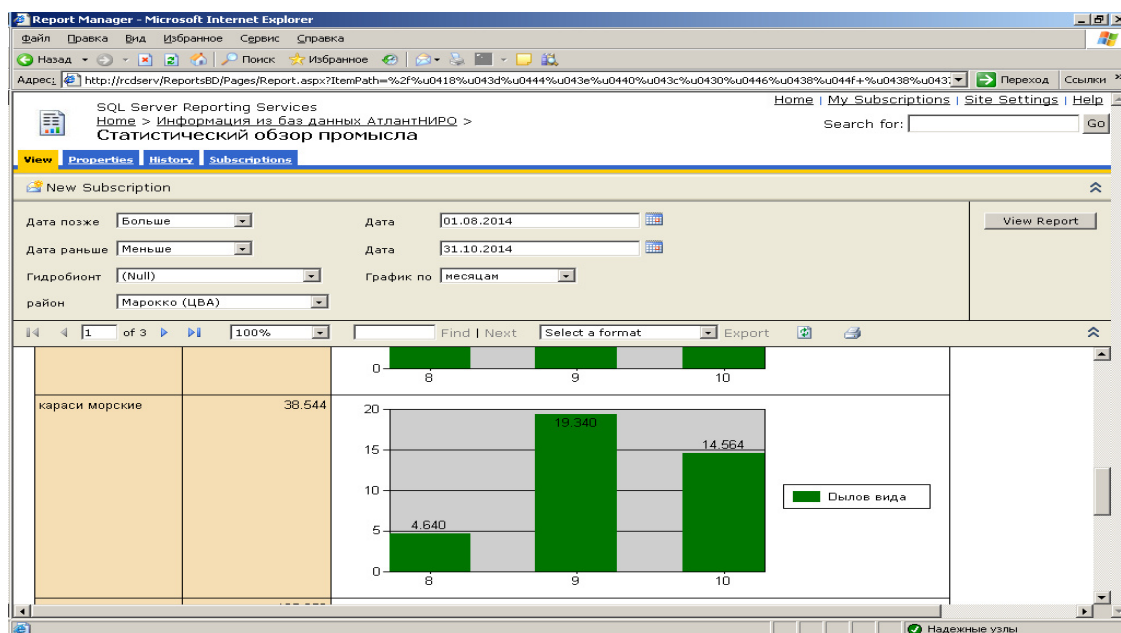
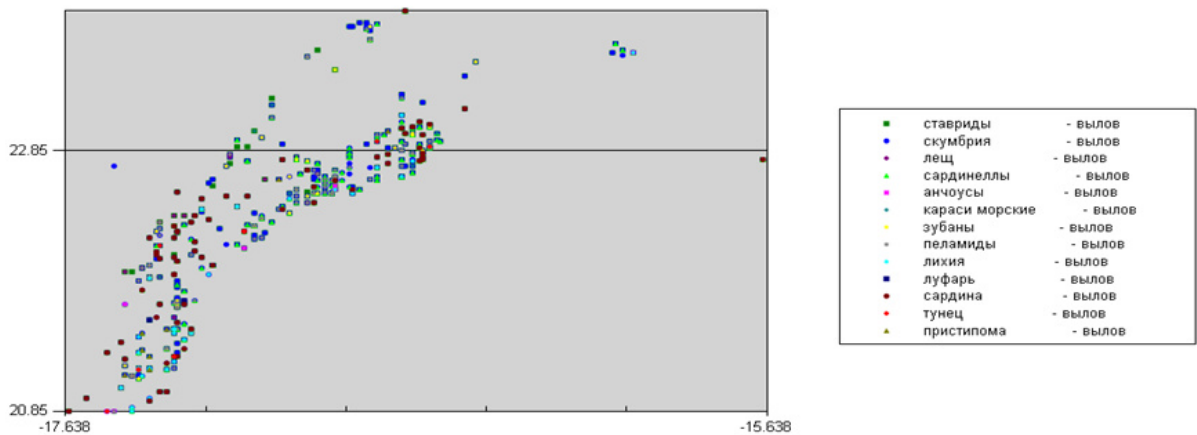


Рисунок 105 – Веб-интерфейс модуля АСППР для формирования статистического обзора промысла

тип судна	гидробионт											
	ставриды			скумбрия			лещ			сардинеллы		
	процент	кол-во судов	кол-во с/с	процент	кол-во судов	кол-во с/с	процент	кол-во судов	кол-во с/с	процент	кол-во судов	кол-во с/с
БАТА	25.97	5,00	104.55	59.96	5,00	107.08	10.56	1,00	50.12	24.93	4,00	111.14
РТИП	41.41	1,00	75.69	56.62	1,00	72.44	7.32	1,00	77.51	21.69	1,00	70.82
БМРТИБ	39.21	1,00	52.30	45.89	1,00	54.56	7.87	1,00	38.58	37.99	1,00	52.12
Всего	30.60	7,00	89.46	58.26	7,00	92.33	7.72	3,00	70.01	25.42	6,00	101.58

Рисунок 106 – Веб-интерфейс модуля АСППР для формирования статистического обзора промысла – сводная таблица уловов по типам судов



Справочная карта северной Атлантики



Рисунок 107 – Элементы статистического обзора промысла после автоматического экспорта в файл Excel, формируемый системой АСППР

Схема технологического процесса формирования отчетов в АСППР показана на рисунке 108.

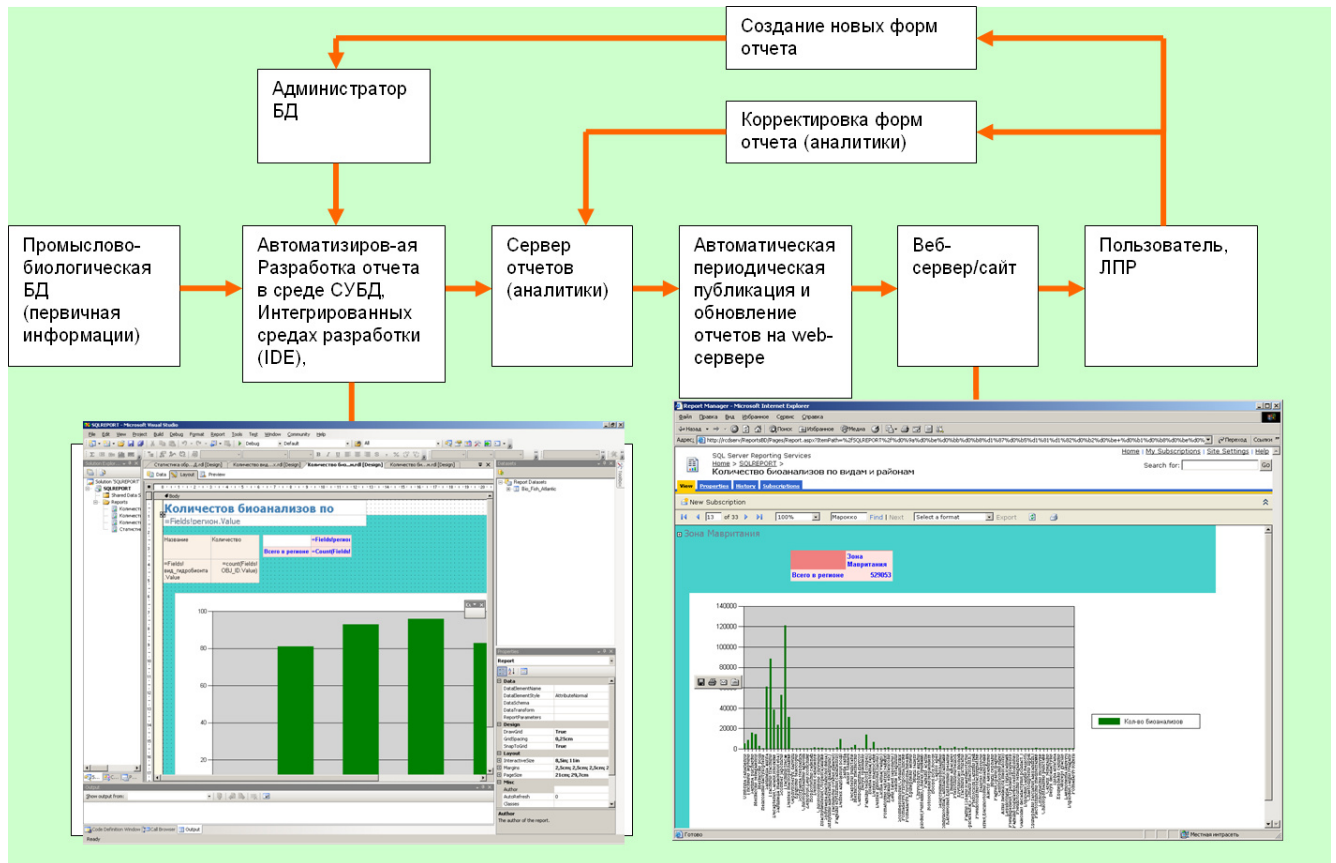


Рисунок 108 – Схема технологического процесса формирования отчетов в АСППР

ЛПР, имея в таком виде информацию (о результатах промысла и научных исследованиях), может судить о результативности промысла в зависимости от времени, района промысла, орудий лова, типов судов и их технических характеристик (морозильных способностей, мощности двигателей и т.п.). Накапливаемый таким образом опыт промысла, научных исследований и предоставление его ЛПР может повышать эффективность планирования промысла. Применение новых технических и организационных решений, быстро накапливаемый опыт промысла позволяет резко увеличить, например, суточный вылов путассу [18]. Эти возможности сформировали новый тип высокопроизводительного и высокоэффективного промыслового судна – норвежского пелагического траулера, предназначенного, прежде всего, для промысла путассу, но которые в межсезонье могли вести промысел и других пелагических объектов (сельди, скумбрии, ставриды, мойвы и др.). Несмотря на то, что норвежские траулеры вели промысел в самом удаленном от побережья

Норвегии промысловом районе (в зоне нереста севернее и северо-западнее Шотландии), они оказались высокоэффективными. За очень ограниченное время был отработан эффективный режим их работы на промысле: после выхода из Норвежского порта траулеры через двое суток достигали района промысла. Они вели активный лов и в среднем за двое суток вылавливали 1800-1900 тонн путассу и направлялись в норвежский порт на выгрузку [18].

Характерным примером обеспечения высокой экономической эффективности за счет использования новых информационных технологий и технических решений является технологический процесс промысла антарктического криля. Разработка новых технологий добычи, переработки и производства новых видов продукции из криля дало высокие результаты: в сезон 2010 года, когда норвежская компания, используя на своем судне самые современные технологии добычи, переработки и выпуска новой высокоэффективной продукции, сумела обеспечить вылов и обработку на одном судне 100 тыс. тонн криля-сырца с выпуском продукции за год общей стоимостью 50,5 млн. дол. США. В сезон 2011г. стоимость реализованной продукции возросла и составила уже 55,6 млн. дол. США.

Применение методов анализа и прогноза к накопленной информации в БД системы поддержки принятия решений позволяет оптимально расставить флот для соблюдения природоохранных целей и получения коммерческой прибыли. Например, так как показано в работе Truong Т.Н. [158]. Для достижения целей управления промыслом на банке Джорджес с помощью СППР предлагается оптимальное решение следующих задач:

- Ограничение промыслового усилия – ограничение числа рыболовных судов и количество суток промысла.
- Наложение требований на тип и размер сетей для предотвращения поимки мелкоразмерной рыбы.
- Ограничение на район промысла - контроль района и времени года разрешённых для промысла.

– Решение этих задач с учетом рационального природопользования и повышения коммерческой прибыли судовладельцев.

Оптимизационный подход применяется к проблеме добычи и составления расписания действий рыболовного флота. Сравнение между симуляцией исходной ситуации и результатом оптимизационной программы показывает, что имеющиеся на данный момент рыбопромысловая деятельность в различных районах далека от оптимальной и чистая прибыль может быть значительно увеличена путём корректировки времени, района и объектов промысла.

Результатами работы АСППР являются итоги анализа и прогноза в виде диаграмм (рисунок 68) и географических карт (рисунок 69, 78) распределения биотических и абиотических факторов, сводных аналитических таблиц (рисунок 76), рекомендаций, сформированных динамически или из баз знаний (рисунок 79), результаты статистического анализа в табличном виде.

Востребованность результатов работы АСППР доказывается регистрируемым высоким числом обращений (рисунок 109) к базам данных с помощью ИСС, как составной части АСППР. На рисунке 109 указано число таких обращений пользователей (океанологов, биологов, технологов) без учета многочисленных обращений инженеров БД и программистов, а также статистики использования других модулей АСППР.

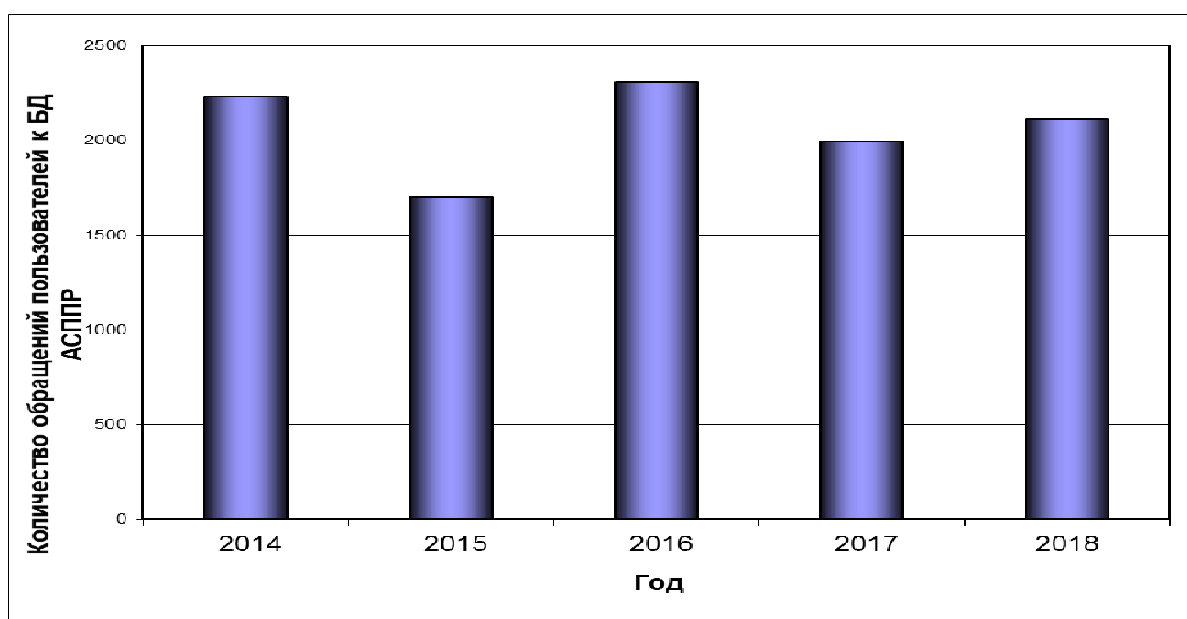


Рисунок 109 – Количество обращений пользователей к базам данных АСППР

Экономические расчеты показали, что внедрение системы поддержки принятия решений в рыбопромысловых организациях может быстро окупиться в связи с повышением скорости и точности определения локализации промысловых скоплений, определения качества выработанной продукции с точки зрения пищевой промышленности.

Выводы

В четвертой главе описаны созданные автоматизированные рабочие места АСППР для всех операций технологических процессов научных исследований и промысла, необходимых для формирования рекомендаций и решений, а именно: ввод, хранение, обработка, анализ данных и формирование решений. Представлена реализация АСППР на данном этапе её развития. Разработана методика внедрения и использования АСППР в научных исследованиях и промысле водных биоресурсов. Показаны результаты работы АСППР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В ходе исследования получены следующие основные результаты:

1. На основе анализа технологических процессов научных исследований водных биоресурсов и их промысла, как объекта автоматизации, выявлены недостатки и проблемы существующих методик сбора, обработки и анализа промыслово-биологической, гидрологической и гидробиологической информации во время исследований и промысла водных биоресурсов. Установлена необходимость повышения уровня автоматизации операций, выделенных в этих процессах.
2. Разработана структурно-функциональная модель АСППР. Основой для разработки являлась созданная структурно-функциональная модель технологических процессов научных исследований водных биоресурсов и их промысла, позволяющая выявить взаимосвязь между ними, провести формализацию составляющих операций.
3. Обоснована целесообразность разработки автоматизированной системы поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле на основе комплексного использования разнородных данных пространственно-временного мониторинга и совмещения математического и когнитивного подходов для анализа количественных и качественных (экспертных) данных, а также сингулярного спектрального, интеллектуального (Data mining) и многомерного (технология OLAP) анализа данных.
4. Разработана АСППР, предназначенная для помощи ЛПР в обобщении, анализе информации и выработке решений задач в исследованиях и промысле ВБР. Эти задачи с точки зрения системного анализа являются слабоструктурированными, потому что они описываются как количественными, так и качественными факторами, и параметрами составляющих элементов. Принятие решений в таких системах основывается на когнитивном моделировании, которое применяется для повышения эффективности управления в сложных системах. Такой является система:

“промысел”-“ВБР”-“среда обитания ВБР”. Созданная методика построения когнитивных моделей взаимодействия биотических и абиотических факторов служит инструментом поддержки принятия решений по управлению процессами научных исследований водных биоресурсов и их промысла.

5. Разработана методика анализа временных рядов промыслово-биологических и абиотических данных с использованием сингулярного спектрального анализа/прогноза и географической информационной системы, автоматизирована процедура использования данной методики. Она может выступать в качестве дополнения к общепринятым методам прогнозирования уловов и распределения ВБР. Методика обладает преимуществами при прогнозировании нерегулярных, нестационарных временных рядов, имеющих место в статистических наблюдениях за объектами лова. Её реализация в рамках АСППР позволяет обеспечить высокую интерактивность в процессе работы алгоритма анализа и прогноза промысловой обстановки.
6. Разработано программное обеспечение АСППР для ввода, обработки и анализа результатов пространственно-временного мониторинга с использованием баз данных и знаний, с целью формирования рекомендаций по планированию этапов промысла и исследований ВБР и среды их обитания. Применение такого ПО увеличивает скорость обмена информацией между участниками промысла и научных исследований ВБР, снижает временные и трудовые затраты на анализ и прогноз соответствующей информации.
7. Разработан проект технической структуры и алгоритм проектирования АСППР для организаций, занимающихся промыслом и исследованиями ВБР, с учетом особенностей их функционирования и доступности данных пространственно-временного мониторинга. В качестве его основы предложен модифицированный алгоритм Форда-Фалкерсона для нахождения максимального потока в сети. Алгоритм позволяет оптимизировать выбор программно-аппаратного обеспечения АСППР и связей между его компонентами, автоматизирует выявление избыточных и не соответствующих

по характеристикам элементов, и помогает определить достаточное количество выбранных серверов БД, АРМ или другого аппаратного и программного обеспечения.

8. Разработана методика внедрения и использования АСППР в научных исследованиях и промысле водных биоресурсов. Показана эффективность разработанной АСППР и опыта использования реализованных модулей системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АРЗ – Атлантическая рыболовная зона;

АРМ – Автоматизированное рабочее место;

АСНИ – Автоматизированная система научных исследований;

АСППР – Автоматизированная система поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле на основе пространственно-временного мониторинга;

АтлантНИРО – Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»

БД – База(ы) данных;

ВБР – Водные биологические ресурсы;

ГИС – Географическая информационная система;

ГСИ – Гонадо-соматический индекс;

ИСС – Информационно-справочная система АтлантНИРО;

ИУ ОСМ – Информационный узел «Отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов»;

ИЭЗ – Исключительная экономическая зона;

ЛВС – Локальная вычислительная сеть;

ЛПР – Лицо, принимающее решения;

НИС – Научно-исследовательское судно;

ПК – Персональный компьютер;

СВА – Северо-Восточная Атлантика;

СППР – Система поддержки принятия решений;

ССД – Судовые суточные донесения;

СТМ – Средний траулер морозильный;

СУБД – Система управления базами данных;

ЦВА – Центрально-Восточная Атлантика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов А.И. Управление рыбным промыслом. Математическое моделирование в экологии // Материалы Пятой национальной научной конференции с международным участием. ЭкоМатМод. Пушино: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук.-2017.-С.13-15.
2. Авдеева, З. К. Когнитивный подход в управлении / З.К. Авдеева, С.В. Коврига, Д.И. Макаренко, В.И. Максимов // Пробл. Управл. - 2007. - № 3. - С.2-8.
3. Аверкин, А.Н. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун и др.; под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. - 312с.
4. Автономная модель Sentinel - популярный и универсальный акустический доплеровский профилограф. [Электронный ресурс]. URL: http://www.technopolecom.ru/downloads/doc_56_1.pdf.
5. Алексеев, В.И. Системный анализ физико-химических закономерностей в технологии пищевых продуктов / В.И. Алексеев // Известия ТИНРО. Том 136. - Владивосток: ТИНРО. - 2004. - С.326 - 333.
6. Амосова, В.М. Информационное и методическое обеспечение оценки запаса и общего допустимого улова шпрота Балтийского моря / В.М. Амосова, Т.Г. Васильева // Труды АтлантНИРО. Новая серия. - 2017. - Том 1 № 4. - С.87- 97.
7. Анализ объекта автоматизации. Методологии анализа [Электронный ресурс]. URL: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=79418><http://5fan.ru/wievjob.php?id=79418>.
8. Архипов А.Г., Седлецкая В.А., Кудерский С.К., Баркова Н.А., Доманевская М.В., Провоторова А.Н. О возможности прогнозирования колебаний численности поколений промысловых рыб Центрально-Восточной Атлантики по количеству личинок // Тез. докл. VIII Всерос. конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования (23-25 октября 2001 г). Мурманск: ПИНРО. - 2001. - С.11-12.
9. Архипов В.И., Бурыкин С.Н., Маслянкин Г.Е., Мышерин А.В. Полищук И.А. Новые подходы к комплексному мониторингу условий среды в промысловых районах Мирового океана на базе доступных программно-технических средств // Материалы XIII Международной научно-технической конференции "Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ). М., РАН, РФФИ, ИОАН, - 2013. Т.2, - С. 178-181.
10. Архипов В.И., Бурыкин С.Н., Полищук И.А. Промыслово-океанологический информационный сервис на основе современных спутниковых технологий. //Материалы XIV конференции по промысловой океанологии и промысловому прогнозированию. Калининград, 8-13 сентября 2008 года. Калининград. - 2008, - С. 27-28.

11. Архипова, М.Ю. Анализ данных. / М.Ю. Архипова, В.П. Сиротин, В.С. Мхитарян, Т.А. Дуброва, Ю.Н. Миронкина. - 1-ое изд. - М.: Юрайт, 2016. - 490 с.
12. Баранов, Ф.И. Техника промышленного рыболовства / Ф.И. Баранов - М.: Пищепромиздат, 1960. - 696 с.
13. Бережинский О.А., Зимин А.В., Шнар В.Н. Программный комплекс для обработки, хранения и анализа океанологических данных, получаемых с помощью различных СТД-зондов // Тез. докл. научно-практической конференции "Перспективы развития рыбохозяйственного комплекса России - XXI век". М.: ВНИРО. - 2002. - С. 34-35.
14. Бивертон, Р. Динамика численности промысловых рыб / Р. Бивертон, С. Холт. - М.: Пищевая промышленность, 1969. - 248 с.
15. Блауберг, И.В. Становление и сущность системного подхода / И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин. - М.: Наука, 1973. - 270 с.
16. Борозенец, В.Н. Информационное обеспечение систем поддержки принятия решений в сельском хозяйстве / В.Н. Борозенец, А.В. Цысарь // Международный бухгалтерский учет. - 2013. - № 4. - С.53-60.
17. Бочаров, Л.Н. Системный анализ в краткосрочном рыбопромысловом прогнозировании / Л.Н. Бочаров. - Л.: Наука, 1990. - 208 с.
18. Братухин О.И., Калмыков Б.А. К вопросу сроков окупаемости судов рыбопромыслового флота // Еженедельный электронный бюллетень о международном рыбном бизнесе. Рыбный Курьер-Профи. Спецвыпуск. [Электронный ресурс]. URL: http://fishnet.ru/news/novosti_otrasli/26880.html.
19. Букатин П.А., Нестеров А.А., Полищук И.А., Тимошенко Н.М., Чернышков П.П. Современное состояние и перспективы развития методологии прогнозирования сырьевой базы рыболовства в Атлантическом и Восточной части Тихого океанов // Тез. докл. IX Всерос. конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. Мурманск: ПИНРО. - 2004. - С.45-46.
20. Введение в многомерный анализ. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/post/126810>.
21. Волвенко, И.В. Информационное обеспечение комплексных исследований водных биоресурсов северо-западной Пацифики. Часть 3. ГИС, атласы, справочники, новые перспективы / И.В. Волвенко // Труды ВНИРО. - 2015. - Т.157. - С.100-126.
22. Волохова Е. С. Основные этапы научного исследования // Молодой ученый. - 2016. - №6. - С. 755-757. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/110/26991>.
23. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский - СПб.: Питер, 2001. - 384 с.
24. Галактионова А.И., Мыльников Н.И., Кудерский С.К., Смирнов И.В. Современное состояние промысловой ситуации в зависимости от океанологических условий в районе Центрально-Восточной Атлантики //

- Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2000-2001 годах. Атлантический океан и Юго-Восточная часть Тихого океана: Сб. науч. тр. Калининград: АтлантНИРО. - 2002. - Т. 1. - С. 95-100.
25. Главные компоненты временных рядов: метод "Гусеница". под редакцией Д.Л. Данилова и А.А. Жиглявского. - СПб: Санкт-Петербургский университет, 1997. - 308 с.
 26. Голованов, В.К. Эколого-физиологические закономерности распределения и поведения пресноводных рыб в термоградиентных условиях: дисс. ...д-ра биол. наук: 03.02.06 / Голованов В.К. – М., 2012. - 250 с.
 27. Горбатенко, К.М. Распределение, питание и некоторые биохимические показатели тихоокеанской сельди северной части Охотского моря на разных этапах онтогенеза / К.М. Горбатенко, И.В. Мельников, А.Е. Лаженцев, А.М. Павловский // Изв. ТИНРО. Владивосток: ТИНРО. - 2010. - Т. 162. - С. 77-91.
 28. Гузенко, В.В. Термохалинный режим восточной части Баренцева моря и его влияние на распределение промысловых рыб: дисс. ... канд. географ. наук: 25.00.28 / Гузенко В. В. – Мурманск, 2007. - 169с.
 29. Дементьева, Т.Ф. Биологическое обоснование промысловых прогнозов / Т.Ф. Дементьева - М.: Пищевая пром-ть, 1976. - 238 с.
 30. Державин, А.Н. Рыбные запасы и рыбохозяйственная мелиорация Каспия // Бюллетень Всекаспийской научной рыбохозяйственной экспедиции / А.Н. Державин, - 1932. - Выпуск № 5 - 6.
 31. Доманевский Л.Н., Седлецкая В.А. К вопросу прогнозирования районов и сроков нерестовых скоплений нерито-пелагических рыб в Центрально-Восточной Атлантике // II Всесоюзное совещание: Тез. докл. Калининград. - 1985. - С.28-29.
 32. Дубищук, М.М. Дистанционный мониторинг и прогнозирование промысла ставрида *Trachurus trachurus* и *Trachurus trcaae* в Центрально-Восточной Атлантике в современных условиях: дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.06 / Дубищук М.М. - Калининград: КГТУ, 2017. - 201 с.
 33. Дубищук М.М., Лукацкий В.Б. Подходы к выделению оптимальных участков промысла в Центрально-Восточной Атлантике на основе оперативных спутниковых данных о термических условиях среды // Тез. докл. XI конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. [Электронный ресурс]. URL: http://www.atlantniro.ru/onpr/pubs/optimal_2012.pdf.
 34. Засосов, А. В. Динамика численности промысловых рыб. / А.В. Засосов. – М.: Пищевая промышленность, 1976. - 312 с.
 35. Ибрагимов, И.А. Методы и модели планирования нефтеперерабатывающих производств в условиях неполной информации / И.А. Ибрагимов, М.С. Метт, М.Н. Нуриев. - Л.: Изд-во Химия, 1987. - 232с.
 36. Иванова В.Ф., Лапушкин А.А. Оценка интенсивности вылова рыбы и прогнозирование допустимого промыслового усилия и суточного вылова

- методами вероятностно-статистической теории трала // Тез. докл. IX Всерос. конф. по проблемам рыбопромышленного прогнозирования. Мурманск: ПИНРО. - 2004. - С.73-74.
37. Ильмаст, Н.В. Введение в ихтиологию (учебное пособие) / Н.В. Ильмаст. - Петрозводск: Карельский научный центр РАН, 2005. - 148 с.
 38. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в районах исследований ПИНРО. - Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. - 291 с.
 39. Инструкция по производству биологических работ и первичной обработке полученных данных на судах "Запрыбпромразведки"; отв. за вып. Г.Д. Васильев. - Калининград: Запрыбпромразведка, 1977. - 200 с.
 40. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования (Р 50.1.028-2001) - М. Госстандарт России, 2003. - 54 с.
 41. Козин, М.А. Особенности принятия управленческих решений на промысле / М.А. Козин // Рыбное хозяйство – 1990. - №7. - С.73-75.
 42. Колесников В.Г., Букатин П.А., Кривоспиченко С.Г., Степанов Ю.В., Сазонов Ю.Г. Опыт организации гидрометеорологического и промыслово-биологического мониторинга в Центрально-Восточной Атлантике // Основы системы промыслового прогнозирования: Сб. науч. тр. Калининград: АтлантНИРО. - 1989. - С.76-86.
 43. Коломейко Ф. В. Зуев А.В., Чур В.Н., Е.В.Щукина К вопросу о разработке информационно-справочной системы АтлантНИРО // Материалы конференции "Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового Океана". Владивосток. - 2004. - С.106-107.
 44. Коломейко Ф.В., Сердобинцев С.П. Советующая система управления рыбопромышленным ловом на основе пространственно-временного мониторинга // Труды XXIV Международной научной конференции "Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-24)". Саратов. - 2011. - Т.5 - С.113-116.
 45. Коломейко Ф.В. Автоматизированная система использования баз данных в научных исследованиях объектов рыбопромышленного лова // Автоматизация производственных процессов: сб. науч. тр. / КГТУ. – Калининград. - 2006. - С. 31-37.
 46. Коломейко Ф.В. Географические информационные системы на основе программного обеспечения с открытым исходным кодом (open source) и базы данных в научных исследованиях водных биоресурсов // Труды науч. конф. "Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоёмов". КГТУ. Калининград. - 2013. - С.69-72.
 47. Коломейко Ф.В. Промыслово-биологические базы данных в современных научных исследованиях водных биоресурсов в Атлантике и южной части Тихого

- океана // Труды X межд. конф. "Инновации в науке, образовании и бизнесе - 2012", Ч.1 – Калининград. - 2012. - С.52-55.
48. Коломейко, Ф.В. Система автоматизированного мониторинга объектов и условий рыбопромыслового лова / Ф.В. Коломейко // Известия КГТУ. - 2008. - №13. - С.122-126.
49. Коломейко Ф.В. Система поддержки принятия решений по управлению рыбным промыслом на основе пространственно-временного мониторинга // Международная конференция "Инновации в науке и образовании 2011". – Калининград: КГТУ. - 2011. - С.19-22.
50. Коломейко, Ф.В. Совершенствование информационного обеспечения исследований водных биоресурсов в океанических районах Мирового океана / Ф.В. Коломейко // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2010-2013 годах. Т. 2. Океанические районы: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыбн.хоз-ва и океанографии. Калининград: АтлантНИРО. - 2014. - С.31-35.
51. Коломейко Ф.В., Зуев А.В., Чур В.Н. К вопросу о принципах построения и функционирования информационно-справочной системы АтлантНИРО // Материалы IX Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. - Мурманск. - 2004. - С.227-228.
52. Коломейко Ф.В., Архипов А.Г., Мамедов А.А., Архипова О.А. Современные информационные технологии в исследованиях ихтиопланктонных сообществ Центрально-Восточной Атлантики // Тез. докл. VIII межд. конф. по раннему онтогенезу рыб и промысловых беспозвоночных. - Калининград. - 2010. - С. 52-55.
53. Коломейко, Ф.В. Программно-информационное обеспечение исследований водных биоресурсов в Атлантике / Ф.В. Коломейко, А.Г. Васильев // Труды ВНИРО. - 2018. - Т. 174 - С.81-89.
54. Коломейко, Ф.В. Автоматизированная система прогнозирования пространственно-временного распределения объектов рыбопромыслового лова / Ф.В. Коломейко, С.П. Сердобинцев // Калининград: Известия КГТУ. - 2007. - № 11. - С.176-180.
55. Коломейко Ф.В., Сердобинцев С.П. Математическое моделирование пространственно-временного распределения объектов рыбопромыслового лова // Сб. тр. международной научной конференции (МНК) ММТТ-20. Т.6.- Ярославль. - 2007. - С.119-122.
56. Коломейко Ф.В., Сердобинцев С.П. Системы поддержки принятия решений в рыбном хозяйстве // VI Междунар. Балтийский морской форум, материалы. – Калининград. - 2018. - С.21-30 [Электронный ресурс]. URL: <http://bmf.klgtu.ru/wp-content/uploads/2018/12/ТОМ-6.pdf>.
57. Коломейко Ф.В., Щукина Е.В., Якушев М.Р. Автоматизированная верификация базы данных по биологии кальмаров // Материалы Всероссийской конференции

- молодых учёных и специалистов, посвящённой 90-летию К.Г.Константинова. - Мурманск: ПИНРО. - 2008. - С.107-111.
58. Коломейко, Ф.В. Программа верификации базы данных по биологическому состоянию кальмаров / Ф.В. Коломейко, Е.В. Щукина, М.Р. Якушев // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2006-2007 гг. Океанические районы: сб.науч.тр. - Калининград: АтлантНИРО. - 2009. - Т.2. - С.175-183.
 59. Коломейко, Ф.В. Современные информационные технологии в исследованиях биологии и распределения криля в Антарктической части Атлантики / Ф.В. Коломейко // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2006-2007 гг. Т.2. Океанические районы: сб.науч.тр. - Калининград: АтлантНИРО. - 2009. - С.166-175.
 60. Коровин, В.П. Технические средства и организация промысла / В.П. Коровин. - Л.: ЛГМИ, 1988. - 87 с.
 61. Космачева, И.М. Модель управления рисками для систем поддержки принятия решений в рыбохозяйственной отрасли / И.М. Космачева, И.В. Сибикина, И.Ю. Алексанян, Ю.А. Максименко, Т.В. Хоменко // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. управление, вычисл. техн. информ. - Астрахань. – 2017. - № 3. - С.108-116.
 62. Кудрявцев, Е.М. Microsoft Project. Методы сетевого планирования и управления проектом / Е.М. Кудрявцев. - М.: ДМК Пресс, 2005. - 240 с.
 63. Кулинич А. А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Проблемы управления. 2010. №3. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternye-sistemy-modelirovaniya-kognitivnyh-kart-podhody-i-metody>.
 64. Курицкий, Б.Я. Оптимальное решение? это очень важно! / Б.Я. Курицкий. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отд-ние, 1984. - 126 с.
 65. Лаптев, А.А. Исследование основных структур систем автоматического управления на примере модели двигателя постоянного тока / А.А. Лаптев. - Рыбинск: Рыбинская гос. авиац. технол. акад. им. П. А. Соловьева, 2005. - 14с.
 66. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. - М.: Логос, 2000. - 296 с.
 67. Ларичев, О.И. Объективные модели и субъективные решения / О.И. Ларичев. - М.: Наука, 1987. - 141 с.
 68. Ларичев, О.И. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития / О.И. Ларичев, А.Б. Петровский // Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ. - 1987. - Т.21. - С.131-164.
 69. Левасту, Т., Хела И. Промысловая океанография / Т. Левасту, И. Хела. - Л.: Гидрометеоздат, 1974. - 295 с.
 70. Лукацкий В.Б. Методическое пособие по краткосрочному прогнозированию промысла в Центрально-Восточной Атлантике / В.Б. Лукацкий, Г.Е. Маслянкин. - Калининград: АтлантНИРО, 2010. - 42 с.

71. Маслянкин, Г.Е. Промыслово-биологическая характеристика и совершенствование методов краткосрочного прогнозирования промысла пелагических видов рыб в Центрально-Восточной Атлантике: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Маслянкин Г.Е. - Калининград: КГТУ, 2009. - 243 с.
72. Меншуткина В.В., Лютикова Н.А. Модельный подход к управлению рыбным промыслом во внутренних водоемах [Электронный ресурс]. URL: <https://docplayer.ru/27426537-Modelnyy-podhod-k-upravleniyu-rybnym-promyslom-vo-vnutrennih-vodoemah.html>.
73. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: Фитопланктон и его продукция. - Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва, АН СССР, Зоол. ин-т; - Л.: ГосНИОРХ, 1984. - 32 с.
74. Моисеев, П.А. Биологические ресурсы Мирового океана / П.А. Моисеев. - М.: Пищевая промышленность, 1969. - 340 с.
75. Монастырский, Г.Н. Динамика численности промысловых рыб / Г.Н. Монастырский // Тр. ВНИРО. - 1952. - Т.21. - С.3-162.
76. Монахова, Г.А. Об особенностях апвеллинга у западного побережья Среднего Каспия летом 2011 года. / Г.А. Монахова, Б.М. Курамагомедов // Научный журнал КубГАУ - Scientific Journal of KubSAU. 2012. №83. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-osobennostyah-apvellinga-u-zapadnogo-poberezhya-srednego-kaspiya-letom-2011-goda>.
77. Нестеров А.А. Биологические параметры ставриды (*Trachurus murphyi* Nichols, 1920) из разных частей Южной Пацифики и идентификация запаса / А.А. Нестеров, Ф.В. Коломейко, В.Н. Чур, Н.А. Назаров // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2010-2013 годах. Океанические районы: сб. науч. тр. Атлант. НИИ рыбн.хоз-ва и океанографии. Калининград: АтлантНИРО. - 2014. - Т.2. - С.113-125.
78. Никольский, Г.В. Теория динамики стада рыб / Г.В. Никольский. - М.: Наука, 1965. - 382с.
79. Пак, Р.А. Использование современных геоинформационных технологий в исследованиях ранних стадий развития промысловых рыб северной части Центрально-Восточной Атлантики / Р.А. Пак, Ф.В. Коломейко, А.Г. Архипов // Известия КГТУ. - 2016. - №42. - С.39-48.
80. Пак Р.А., Коломейко Ф.В., Архипов А.Г. Применение современных геоинформационных технологий в исследованиях массовых видов ихтиопланктона акватории южной части Марокко// Труды науч. конф. "Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоёмов". КГТУ. Калининград. - 2016. - С. 48-50.
81. Палий, Н.Ф. Инструкция по заполнению унифицированных форм регистрации промыслово-биологических данных / Н.Ф. Палий, С.Э. Приц, Н.П. Суркова, Т.М. Васильева, Э.И. Черный. - Калининград: АтлантНИРО, 1982. - 179 с.

82. Переварюха, А.Ю. Когнитивное моделирование в анализе структурного взаимодействия экологических процессов северного Каспия / А.Ю. Переварюха // Прикладная информатика. - 2014. - № 5 (53). - С.108-118.
83. Петров, А.Ф. Методические рекомендации по сбору и обработке промысловых и биологических данных по водным биоресурсам Антарктики для российских научных наблюдателей в зоне действия Конвенции АНТКОМ / А.Ф. Петров, К.В. Шуст, С.В. Пьянова, Е.Ф. Урюпова, И.И. Гордеев, А.М. Сытов, Н.С. Демина. - М.: Изд-во ВНИРО, 2014. - 108 с.
84. Петровский, А.Б. Компьютерная поддержка принятия решений: современное состояние и перспективы развития / А.Б. Петровский // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. Под ред. Д.М. Гвишиани, В. Садовского, М.: Эдиториал УРСС. 1996. - № 24. - С.146-178.
85. Полищук, И.А. Автоматизированная система мониторинга океанических условий в отдаленных районах промысла с использованием спутникового зондирования поверхности океана / И.А. Полищук, В.И. Архипов, С.Н. Бурькин, А.В. Мышерин // Вопросы промысловой океанологии, М.: ВНИРО. - выпуск 6. №2. - 2010. - С.173-182.
86. Поспелов, Г.С. Проблемы программно-целевого планирования и управления / Г.С. Поспелов, В.Л. Вен, В.М. Солодов и др, под ред. Г. С. Поспелова. - М.: Наука, 1981. - 460 с.
87. Поспелов, Д.А. Ситуационное управление: Теория и практика / Д.А. Поспелов. - М.: Наука. - Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. - 288 с
88. Постановление Правительства РФ от 26 февр. 1999 г. № 226 "О создании отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов". [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12114688/>.
89. Построение реляционной структуры из ER-модели. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/50312>.
90. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 12 октября 2009 г. № 896 "Об утверждении Концепции внедрения и использования информационных технологий в деятельности Росрыболовства, его территориальных органов и находящихся в его ведении организаций".
91. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 30 марта 2009 г. N 246 "Об утверждении Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года" [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2068101>.
92. Проект "Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года". [Электронный ресурс]. 2017. URL: <http://fish.gov.ru/files/documents/files/proekt-strategiya-2030.pdf>.
93. Растрин, Л.А. Адаптация сложных систем: Методы и приложения / Л.А. Растрин. - Рига: Зинатне, 1981. - 375 с.

94. Реймерс, Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. - М.: Мысль, 1990. - 639 с.
95. Рикер, У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб / У.Е. Рикер - М.: Пищевая промышленность, 1979. - 408 с.
96. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Издание третье, переработанное и дополненное. - М.: Гос. океанографический институт им. Н.Н.Зубова, 2016. - 537 с.
97. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового Океана - М.: Изд-во ВНИРО, 2003. - 202 с.
98. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский - М.: Горячая линия - Телеком, 2006. - 452 с.
99. Рыбная биржа в России. - 2018. - [Электронный ресурс]. URL: <http://fishretail.ru>.
100. Рыбохозяйственная наука. [Электронный ресурс]. URL: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/nauka-i-obrazovanie/rybokhozyajstvennaya-nauka>.
101. Свидетельство о государственной регистрации базы данных для ЭВМ № 2008620156 Российская Федерация. ПромБД-Атлант / Лукацкий В.Б., Бутович Я.Ф., Коломейко Ф. В.; правообладатель - ФГУП "АтлантНИРО". (РФ) - №2008620022; поступл. 05.02.2008; зарегистр. 04.04.2008.- 1с.
102. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008611381 Российская Федерация. ПромГИС-Атлант / Лукацкий В.Б., Коломейко Ф. В., Маслянкин Г. Е., Смольянинова Е. А.; правообладатель - ФГУП "АтлантНИРО". (РФ) - №2008610395; поступл. 05.02.2008; зарегистр. 19.03.2008.- 1с.
103. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016660553 Российская Федерация. Информационно-справочная система АтлантНИРО/ Коломейко Ф. В., Перевертнюк М. В., Бутович Я. Ф., Щукина Е.В.; правообладатель - ФГБНУ "АтлантНИРО". (РФ) - №2016617847; поступл. 18.07.2016; зарегистр. 16.09.2016.- 1с.
104. Седых, К.А. Методические материалы к промысловым прогнозам у северо-западного побережья Африки / К.А. Седых. - Калининград: АтлантНИРО, 1978. - 11 с.
105. Сердобинцев, С.П. Применение информационных технологий в прогнозировании распределения объектов рыбопромыслового лова / С.П. Сердобинцев, Ф.В. Коломейко // Информационные технологии. -2009. - №3. - С.82-85.
106. Сердобинцев С.П., Коломейко Ф.В. Использование ГИС-технологий при обработке гидробиологической и океанологической информации //

- Международная конференция "Инновации в науке и образовании 2006". Калининград. КГТУ. - 2006. - Ч.2. - С.108-111.
107. Серпунина Е.Г., Коломейко Ф.В., Серпунина Л.Т. Программный пакет для качественной оценки рыбных ресурсов и их потенциального технологического использования. // Труды Международной научно-технической конференции "Наука и образование-2006". Мурманск, МГТУ. - 2006. - С.781-785.
108. Сирота А.М. О возможности прогнозирования запаса и пополнения массовых пелагических видов рыб ЦВА на основе учета гидрометеорологических условий // Тез. докл. VIII Всерос. конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. Мурманск: ПИНРО. - 2001. - С.94-95.
109. Сметанин, А.Н. Эколого-фаунистический анализ ихтиофауны Камчатки и ее функциональная структура / А.Н. Сметанин // Вестник КрасГАУ. - 2010. - №9. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-faunisticheskiy-analiz-ichtiofauny-kamchatki-i-ee-funktsionalnaya-strutura>.
110. Солдат В. Т., Коломейко Ф.В. Возрастная структура и величина возможного вылова перуанской ставриды (*Trachurus murphyi*) в южной части Тихого океана // Международная конференция "Инновации в науке и образовании 2007". Калининград, КГТУ. - 2007. - Ч.1 - С.42-41.
111. Старицын, Д.К. Дивергенции течений и формирования зон повышенной биологической продуктивности в Японском море / Д.К. Старицын, В.Р. Фукс, А.В. Колдунов // Вестник СПбГУ. - 2010. - Сер. 7. Вып. 4. - С. 58-73.
112. Сытова, М.В. Создание информационного обеспечения системы прослеживаемости при производстве продукции из осетровых рыб: научное издание / М.В. Сытова, Е.Н. Харенко, Ф.В. Коломейко, С.П. Сердобинцев // Рыбное хозяйство. - 2012. - №6. - С.88-91.
113. Титова, Г.Д. Биоэкономические проблемы рыболовства в зонах национальной юрисдикции / Г.Д. Титова. – СПб: ВВМ, 2007. - 368 с.
114. Тупикина, Е.Н. Рыба, крабы, икра, импорт и экспорт: продовольственная безопасность и роль рыбного хозяйства в ее обеспечении / Е.Н. Тупикина // Российское предпринимательство. - 2008. - №12. Вып. 2. (Торговый бизнес). - С.118-122.
115. Федеральное агентство по рыболовству. Приказ от 13 апреля 2010 года № 330. Об утверждении Концепции развития рыбохозяйственной науки в Российской Федерации до 2020 года. Консорциум Кодекс. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902212089>.
116. Федеральный закон от 20.12.2004 N 166-ФЗ (ред. от 06.03.2019) "О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов".
117. Федулов, А.С. Нечеткие реляционные когнитивные карты / А.С. Федулов // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2005. - №1. - С.120-133.

118. Фещенко, О.Б. Формирование концентраций стайных рыб во время нагула и миграций как геоэкологическое явление: дисс. ... канд. географ. наук: 25.00.36 / Фещенко О.Б. - Владивосток, 2002. - 121 с.
119. Фомин, С.Ю. Оптимальное управление рыбодобывающим флотом на основе применения модели линейного программирования / С.Ю. Фомин // Региональная экономика: теория и практика. - 2008. - №36. - С.77-87.
120. Фомичев, Н.И. Автоматизированные системы научных исследований / Н.И. Фомичев. - Ярославль, 2001. - 112 с.
121. Харенко, Е.Н. Многофакторный анализ выхода икры минтая Охотского моря / Е.Н. Харенко, Б.Н. Котенев, А.В. Сопина, В.И. Рой, С.П. Сердобинцев, Ф.В. Коломейко // Рыбное хозяйство. - 2007. - №4. - С.106 - 112.
122. Чан Чонг Туан. Разработка методики обнаружения и картографирования изменений поверхностных водных объектов по материалам космических съёмки: дисс. ... канд. Техн. наук: 25.00.34 / Чан Чонг Туан. - М., 2016. - 160 с.
123. Чернышков, П.П. Океанологические условия в районах Канарского и Бенгельского апвеллингов и прогнозирование состояния популяций пелагических рыб: дисс. ... д-ра геогр. наук: 25.00.28 / П.П. Чернышков. - М., 2006. - 292 с.
124. Чернышков, П.П. Структура и динамика вод в районах Канарского и Бенгельского апвеллингов и их влияние на популяции пелагических рыб / П.П. Чернышков, А.М. Сирота, Е.Н. Тимохин. - Калининград: АтлантНИРО, 2005. - 198 с.
125. Шапиро, Д.И. Принятие решений в системах организационного управления: Использование расплывчатых категорий / Д.И. Шапиро. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 184 с.
126. Шахиди А. Введение в анализ ассоциативных правил. 2004. [Электронный ресурс]. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/intro>.
127. Шахиди А. Деревья решений - общие принципы работы. 2006. [Электронный ресурс]. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/description>.
128. Штовба, С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С.Д. Штовба. - Винница: Издательство Винницкого государственного технического университета, 2001. - 198 с.
129. Шунтов, В.П. Биология дальневосточных морей России: в 3 томах / В.П. Шунтов. - Владивосток: ТИНРО-Центр, 2016. -Т.2. - 604 с.
130. Электронно-промысловый журнал. [Электронный ресурс]. URL: http://cfmc.ru/ptk_epzh.
131. Юдович, Ю.Б. Промысловая разведка рыбы / Ю.Б. Юдович, А.А. Барал. - М: «Пищевая промышленность», 1968. - 304 с.
132. Ярушев, С.А. Когнитивные гибридные системы поддержки принятия решений и прогнозирования / С.А. Ярушев, А.Н. Аверкин, В.Ю. Павлов // Программные продукты и системы. - 2017. - №4. - С.632-642. [Электронный ресурс]. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnye-gibridnye-sistemy-podderzhki-prinyatiya-resheniy-i-prognozirovaniya>.

133. Acquisition and Processing of LADCP. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ldeo.columbia.edu/~ant/LADCP>.
134. Amosova V.M., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V. Estimation of natural mortality and growth rates of the Eastern Baltic Cod. //Report of the Workshop on Evaluation of Input data to Eastern Baltic Cod Assessment (WKIDEBCA) ICES CM 2018/ACOM: 36.- 25-23 January.- 2018.- ICES HQ, Copenhagen, Working Documents (WD) 5. - pp. 41-49.
135. Beverton R. J. H., Holt S. J. On the Dynamics of Exploited Fish Populations // Fishery Investigations, Series II, Marine Fisheries, Great Britain Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 19: 1957. - pp. 1-533.
136. Bishai H. M. The effect of water currents on the survival and distribution of fish larvae. -"J. Cons. ICES". - 1960. - vol. 25. - № 2. - pp. 134-146.
137. Blaxter J.II. S., Dickson W. Observations on the swimming speeds of fish. -"J. Cons. ICES". - 1959. - vol. 24. - № 3. - pp. 472-479.
138. Brawn V.M. Seasonal and diurnal vertical distribution of herring (*Clupea harengus* L.) in Passamaquoddy Bay, N. B. - "J. Fish. Res. Bd. Canada". - 1960. - vol. 17. - № 5. - pp. 699-711.
139. Brett J.R., Hollands M. and Alderdice D. F. The effect of temperature on the cruising speed of young sockeye and coho salmon. - "J. Fish.Res. Bd. Canada". - 1958. vol. 15. pp. 581-605.
140. Butterworth D.S. and Andrew P.A. Dynamic catch-effort models for the hake stocks in ICSEAF Division 1.3 to 2.2. Colln scient. Pap. Int. Comm. SE. Atl. Fish. 1984. 11(1):29-58.
141. Clark C.W. Mathematical bioeconomics. The mathematics of conservation. Third Edition. - New Jersey: J. Wiley and Sons Publ. - 2010. 368 p.
142. Conser R.J. A modified DeLury Modelling framework for data-limited assessments: bridging the gap between surplus production models and age-structured models. A working paper prepared for the ICES Working Group on methods of fish Stock Assessment. Copenhagen, Denmark. 1995. 85 p.
143. Geoserver [Электронный ресурс]. URL: <http://geoserver.org>.
144. Geromont H.F., Butterworth D.S. A Fleet-disaggregated age-structured production model for application to atlantic bluefin tuna. Doc. SCR/98/77, 1998. pp.403-415.
145. GNU General Public License [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>.
146. Hilborn R., Walters C.J. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. New York, London: Chapman and Hall, 1992. 570 p.
147. International ARGO project home page [Электронный ресурс]. URL: <http://www.argo.net>.

148. Nesterov A.A., Chur V.N., Kolomeyko F.V. Russian fishery and researches in the Southern Pacific Ocean in 1978-1991 and 2002-2003. International Seminar "Fishery of Horse mackerel in the Southern Pacific Ocean", Fisheries Research Institute, 2007 Talcahuano - Chile, pp. 1-21.
149. Nigel Pendse. The OLAP Report - What is OLAP? [Электронный ресурс]. URL: <http://dssresources.com/subscriber/password/papers/features/pendse04072002.htm>.
150. OpenLayers [Электронный ресурс]. URL: <https://www.openlayers.org>.
151. OpenStreetMap [Электронный ресурс]. URL: <https://www.openstreetmap.org>.
152. PostGIS -Home: [Электронный ресурс]. URL: <http://postgis.refractory.net>.
153. Simon H. The Structure of Ill-structured Problems // Artificial Intelligence. -1973. - Vol. 4. - pp. 181-202.
154. Simon H., Newell A. Heuristic problem solving: the next advance in operations research. Operations Research. - V. 6. -1958. - pp. 6-10.
155. Soldat V.T., Kolomeiko F.V., Glubokov A.I. Nesterov A.A., Chernyshkov P.P., Timokhin E.N. Jack mackerel (*Trachurus murphyi*) distribution peculiarities in the high seas of the south Pacific in relation to the population structure // Report of the South Pacific regional fisheries management organization Chilean jack mackerel workshop. - Santiago, Chile, 30 June - 4 July 2008. -CHJMWS/2008/7.
156. Structure of Decision. The Cognitive Maps of Political Elites /Ed. by R. Axelrod. - Princeton: Princeton University Press, 1976. - 405 p.
157. Teledyne Marine [Электронный ресурс]. URL: <http://www.teledynemarine.com>.
158. Truong T.H., Rothschild B.J., Azadivar F. Decision support system for fisheries management // Proceedings of the 37th conference on winter simulation. - Winter Simulation Conference. - 2005. - pp. 2107-2111.
159. White C. R., Alton L. A., Frappell P. B. Metabolic cold adaptation in fishes occurs at the level of whole animal, mitochondria and enzyme // Proc. Biol. Sci. 2012. - Vol. 279. - № 1734. - pp. 1740-1747.
160. Wojciech Stach, Lukasz A. Kurgan, Witold Pedrycz, Marek Reformat: Genetic learning of fuzzy cognitive maps. //Fuzzy Sets and Systems 153(3): 371-401 -2005. pp 371-401.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ:
Информационно-справочная система АтлантНИРО

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2016660553

Информационно-справочная система АтлантНИРО

Правообладатель: **Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (РУ)**

Авторы: **Колмейко Федор Викторович (РУ), Перевертнюк Максим Васильевич (РУ), Бутович Ядвига Феликсовна (РУ), Щукина Елена Витальевна (РУ)**

Заявка № **2016617847**

Дата поступления **18 июля 2016 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **16 сентября 2016 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ившин



Приложение Б. Образцы данных, получаемых с измерительных приборов
Заголовок и часть файла первичных данных *.hex (бинарный формат)

```
* FileName = D:\Ocean\hex\1.hex
* Software Version 1.53
* Temperature SN = 6335
* Conductivity SN = 6335
* System UpLoad Time = авг 26 2009 22:09:16
* ds
* SBE 19plus V 2.1 SERIAL NO. 6335 26 Aug 2009 21:14:07
* vbatt = 12.8, vliht = 8.4, ioper = 60.9 ma, ipump = 86.4 ma,
* iext01 = 5.3 ma
* status = not logging
* number of scans to average = 1
* samples = 6769, free = 5054626, casts = 1
* mode = profile, minimum cond freq = 0, pump delay = 60 sec
* autorun = no, ignore magnetic switch = no
* battery type = alkaline, battery cutoff = 7.5 volts
* pressure sensor = strain gauge, range = 5076.0
* SBE 38 = no, Gas Tension Device = no
* Ext Volt 0 = yes, Ext Volt 1 = no
* Ext Volt 2 = no, Ext Volt 3 = no
* Ext Volt 4 = no, Ext Volt 5 = no
* echo characters = yes
* output format = raw HEX
* S>
* SBE 19plus V 2.1 SERIAL NO. 6335 26 Aug 2009 21:14:20
* temperature: 21-May-09
* TA0 = 1.285563e-03
* TA1 = 2.576699e-04
* TA2 = -1.551336e-08
* TA3 = 1.388134e-07
* TOFFSET = 0.000000e+00
* conductivity: 21-May-09
* G = -1.002548e+00
* H = 1.413266e-01
* I = -3.906389e-04
* J = 4.872025e-05
* CPCOR = -9.570000e-08
* CTCOR = 3.250000e-06
* CSLOPE = 1.000000e+00
* pressure S/N = 2769339, range = 5076 psia: 15-Apr-09
* PA0 = 5.378891e-01
* PA1 = 1.565174e-02
* PA2 = -6.176827e-10
* PTCA0 = 5.252110e+05
* PTCA1 = 4.153690e+00
* PTCA2 = -1.159768e-01
* PTCB0 = 2.520638e+01
* PTCB1 = 4.750000e-04
* PTCB2 = 0.000000e+00
* PTEMPA0 = -6.302792e+01
* PTEMPA1 = 5.166084e+01
```

```

* PTEMPA2 = -2.587175e-01
* POFFSET = 0.000000e+00
* volt 0: offset = -4.590316e-02, slope = 1.249531e+00
* volt 1: offset = -4.647053e-02, slope = 1.248674e+00
* volt 2: offset = -4.518421e-02, slope = 1.250069e+00
* volt 3: offset = -4.525474e-02, slope = 1.250466e+00
* volt 4: offset = -4.592632e-02, slope = 1.249117e+00
* volt 5: offset = -4.640421e-02, slope = 1.249170e+00
* EXTFREQSF = 9.999968e-01
* dh
* cast 1 26 Aug 2009 20:41:43 samples 1 to 6769, avg = 1, stop = mag switch
* S>
*END*
06F76F0A6E3D0806F54C3BACEC
06F7200A6E3B0806F44C30ACFA
06F6C80A6E3B0806F64C35AD05
06F6650A6E390806F34C39ACFF
06F5F40A6E390806F54C36AD00

```

2. Файл промежуточный *.cnu (результат обработки бинарного файла *.hex с помощью стандартных программ, прилагаемых к зонду)

```

* Sea-Bird SBE 19plus V2 Data File:
* FileName = C:\SBE19\1.hex
* Software Version Seasave V 7.20a
* Temperature SN = 6376
* Conductivity SN = 6376
* System UpLoad Time = Aug 15 2010 15:02:33
** Ship:
** Station:
** Operator:
* Real-Time Sample Interval = 0.2500 seconds
# nquan = 11
# nvalues = 49
# units = specified
# name 0 = scan: Scan Count
# name 1 = prdM: Pressure, Strain Gauge [db]
# name 2 = tv290C: Temperature [ITS-90, deg C]
# name 3 = c0S/m: Conductivity [S/m]
# name 4 = sbeox0V: Oxygen Voltage, SBE 43
# name 5 = depSM: Depth [salt water, m], lat = 30
# name 6 = sal00: Salinity, Practical [PSU]
# name 7 = sigma-t00: Density [sigma-t, Kg/m^3 ]
# name 8 = sbeox0ML/L: Oxygen, SBE 43 [ml/l], WS = 2
# name 9 = sbeox0PS: Oxygen, SBE 43 [% saturation], WS = 2
# name 10 = flag: flag
# span 0 = 311, 1346
# span 1 = 3.000, 28.000
# span 2 = 22.3240, 23.6586
# span 3 = 5.153554, 5.295406
# span 4 = 0.0019, 0.0022
# span 5 = 2.979, 27.808
# span 6 = 35.9367, 35.9748
# span 7 = 24.4750, 24.8611

```

```

# span 8 = -1.12695, -1.09706
# span 9 = -22.83985, -22.74216
# span 10 = 0.0000e+00, 0.0000e+00
# interval = decibars: 1
# start_time = Aug 15 2010 15:02:33
# bad_flag = -9.990e-29
# <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
# <TemperatureSensor SensorID="58" >
# <SerialNumber>6376</SerialNumber>
# <CalibrationDate>15-Dec-09</CalibrationDate>
# <A0>1.33521000e-003</A0>
# <A1>2.50275900e-004</A1>
# <A2>9.94075900e-007</A2>
# <A3>9.85548700e-008</A3>
# <Slope>1.00000000</Slope>
# <Offset>0.0000</Offset>

```

3. Файл данных, полученных при опускании зонда 01d*.asc

Scan	PrdM	Tv290C	COS/m	DepSM	Sal00	Sigma-t00	Sbeox0ML/L	Sbeox0PS
311	5.000	23.6586	5.295406	4.966	35.9748	24.4807	-1.09706	-22.75689
321	6.000	23.5702	5.285133	5.959	35.9677	24.5013	-1.09869	-22.75498
337	7.000	23.5206	5.279974	6.952	35.9681	24.5162	-1.09953	-22.75301
345	8.000	23.4573	5.272852	7.945	35.9647	24.5322	-1.10101	-22.75818
354	9.000	23.3563	5.261130	8.938	35.9566	24.5557	-1.10320	-22.76237
362	10.000	23.2773	5.252462	9.931	35.9540	24.5767	-1.10519	-22.77174
369	11.000	23.1933	5.243204	10.925	35.9509	24.5988	-1.10726	-22.78072
377	12.000	23.1071	5.234134	11.918	35.9509	24.6239	-1.10876	-22.77725
383	13.000	23.0182	5.224856	12.911	35.9516	24.6502	-1.11070	-22.78184
390	14.000	22.8993	5.211915	13.904	35.9484	24.6822	-1.11332	-22.78770
398	15.000	22.7760	5.198347	14.897	35.9439	24.7144	-1.11601	-22.79312
406	16.000	22.6829	5.188588	15.891	35.9441	24.7412	-1.11787	-22.79378
414	17.000	22.5855	5.178204	16.884	35.9430	24.7683	-1.11986	-22.79526
424	18.000	22.4985	5.169370	17.877	35.9453	24.7950	-1.12166	-22.79729

4. Файл данных, полученных при подъеме зонда 01u*.asc

Scan	PrdM	Tv290C	COS/m	DepSM	Sal00	Sigma-t00	Sbeox0ML/L	Sbeox0PS
766	27.000	22.3275	5.154631	26.815	35.9680	24.8610	-1.12671	-22.83400
782	26.000	22.3244	5.154131	25.821	35.9670	24.8611	-1.12682	-22.83496
863	25.000	22.3247	5.154142	24.828	35.9672	24.8611	-1.12675	-22.83371
872	24.000	22.3245	5.153818	23.835	35.9651	24.8596	-1.12649	-22.82813
884	23.000	22.3241	5.153715	22.842	35.9650	24.8596	-1.12617	-22.82145
895	22.000	22.3240	5.153627	21.849	35.9648	24.8595	-1.12631	-22.82421
908	21.000	22.3271	5.153554	20.856	35.9620	24.8565	-1.12586	-22.81586
974	20.000	22.3331	5.153774	19.863	35.9591	24.8525	-1.12569	-22.81444
999	19.000	22.3455	5.154485	18.870	35.9547	24.8457	-1.12528	-22.81060
1009	18.000	22.3815	5.157314	17.877	35.9475	24.8300	-1.12418	-22.80186
1023	17.000	22.4719	5.165712	16.884	35.9390	24.7978	-1.12292	-22.81142
1033	16.000	22.5784	5.176685	15.891	35.9373	24.7660	-1.12050	-22.80471
1045	15.000	22.6815	5.187579	14.897	35.9378	24.7368	-1.11816	-22.79836
1057	14.000	22.7698	5.196723	13.904	35.9367	24.7107	-1.11603	-22.79010
1065	13.000	22.8698	5.207815	12.911	35.9412	24.6853	-1.11360	-22.78079

Пример файла данных автономного измерителя течений ВЕКТОР-2

Дата	Время	V1-Мерид.	V2-Шир.	Скор., см/с	Напр., гр.	Cos	T, °C	Поправка	P, kPa	H, m
03.03.02	18:54:29	-2.40	7.24	8	108	1.015	14.851	-20.23	45.05	4.50
	18:54:59	27.76	-31.56	40	311	1.054	13.578	-25.45	58.17	5.81
	18:55:29	10.68	-10.05	14	317	1.016	11.189	-35.64	51.22	5.12
	18:55:59	20.57	-30.52	38	304	0.964	8.908	-45.84	28.08	2.81
	18:56:29	18.49	-33.33	39	299	0.983	7.119	-54.00	25.31	2.53
	18:56:59	16.04	-31.93	35	297	1.018	5.775	-60.50	-3.84	-0.38
	18:57:29	-7.19	-35.89	35	259	1.033	4.853	-64.21	66.88	6.68
	18:57:59	-9.11	-23.96	24	249	1.052	4.202	-66.38	162.86	16.27
	18:58:29	-27.14	-29.17	41	227	0.983	3.739	-68.66	154.11	15.40
	18:58:59	-17.97	-24.38	31	234	0.988	3.433	-70.20	145.01	14.49
	18:59:29	-25.57	-25.83	38	225	0.964	3.220	-71.25	141.81	14.17
	18:59:59	-15.47	-23.49	28	237	1.004	3.067	-72.05	135.62	13.55
	19:00:29	-16.93	-16.98	24	225	1.011	2.968	-72.50	138.41	13.83
	19:00:59	-23.13	-24.48	34	227	1.003	2.873	-73.00	133.59	13.35
	19:01:29	1.15	-20.36	20	273	1.025	2.823	-73.21	136.61	13.65
	19:01:59	0.68	-18.13	18	272	0.994	2.764	-73.47	139.59	13.95
	19:02:29	-7.50	-17.14	19	246	0.994	2.739	-73.68	130.76	13.06
	19:02:59	-11.72	-21.15	23	241	1.045	2.711	-73.89	122.99	12.29
	19:03:29	-8.02	-23.85	25	251	0.996	2.673	-74.00	130.43	13.03
	19:03:59	-16.98	-22.92	28	233	1.023	2.648	-74.11	131.40	13.13
	19:04:29	-15.83	-27.29	30	240	1.046	2.627	-74.20	132.39	13.23
	19:04:59	-2.19	-22.76	23	265	1.002	2.603	-74.24	139.90	13.98
	19:05:29	-14.38	-27.50	32	242	0.982	2.598	-74.42	124.62	12.45
	19:05:59	-13.39	-31.09	34	247	1.010	2.575	-74.72	107.06	10.70
	19:06:29	-7.14	-22.60	23	252	1.024	2.561	-74.68	116.81	11.67
	19:06:59	-10.89	-20.21	24	242	0.975	2.566	-74.52	129.91	12.98
	19:07:29	-4.69	-21.51	22	258	0.983	2.528	-74.90	111.19	11.11
	19:07:59	-8.33	-22.29	25	250	0.935	2.530	-74.79	121.01	12.09
	19:08:29	11.20	-30.63	37	290	0.880	2.509	-72.70	326.89	32.66
	19:08:59	5.21	-26.41	27	281	1.016	2.496	-72.69	333.37	33.31
	19:09:29	-8.65	-31.98	31	255	1.057	2.475	-72.67	344.17	34.39
	19:09:59	-10.83	-28.07	30	249	0.998	2.470	-72.84	331.07	33.08
	19:10:29	-2.92	-22.29	23	263	0.982	2.449	-72.93	332.06	33.18
	19:10:59	10.31	-16.56	19	302	1.001	2.439	-72.91	338.55	33.83
	19:11:29	10.78	-18.07	21	301	1.015	2.437	-73.04	326.55	32.63
	19:11:59	0.00	-23.65	24	270	1.006	2.432	-72.94	338.51	33.82
	19:12:29	3.96	-24.43	25	279	0.999	2.418	-73.08	331.91	33.16
	19:12:59	2.60	-28.49	30	275	0.965	2.414	-73.14	327.53	32.72
	19:13:29	0.42	-26.04	26	271	0.989	2.395	-73.02	347.06	34.68
	19:13:59	-1.04	-22.66	23	267	0.978	2.393	-73.24	327.43	32.71
	19:14:29	5.99	-18.54	21	288	0.946	2.411	-73.18	325.34	32.51
	19:14:59	11.88	-15.36	20	308	0.993	2.393	-73.17	333.97	33.37
	19:15:29	0.94	-17.40	17	273	1.037	2.378	-73.28	330.63	33.03
	19:15:59	10.68	-19.48	23	299	0.957	2.388	-73.34	320.87	32.06
	19:16:29	7.60	-17.14	19	294	0.995	2.390	-73.20	332.87	33.26

Часть лог-файла формируемого во время измерения течений измерительным прибором Lowered Acoustic Doppler Current Profiler (LADCP) instruments Workhorse Sentinel (WHS) ADCP 300 кГц WorkHors sentinel 300 фирмы RDI [<http://www.teledynemarine.com>]

>>>>> Function starting 10/23/17 05:54:56 >>>>>

[BREAK Wakeup A]

WorkHorse Broadband ADCP Version 50.40

Teledyne RD Instruments (c) 1996-2010

All Rights Reserved.

>TS171023055459

>CZ

Powering Down

>>>>> Function starting 10/23/17 05:55:04 >>>>>

[BREAK Wakeup A]

WorkHorse Broadband ADCP Version 50.40

Teledyne RD Instruments (c) 1996-2010

All Rights Reserved.

>CR1

[Parameters set to FACTORY defaults]

>DEPLOY?

Deployment Commands:

CF = 11111 ----- Flow Ctrl (EnsCyc;PngCyc;Binry;Ser;Rec)

CK ----- Keep Parameters as USER Defaults

CR # ----- Retrieve Parameters (0 = USER, 1 = FACTORY)

CS ----- Start Deployment

EA = +00000 ----- Heading Alignment (1/100 deg)

EB = +00000 ----- Heading Bias (1/100 deg)

ED = 00000 ----- Transducer Depth (0 - 65535 dm)

ES = 35 ----- Salinity (0-40 pp thousand)

EX = 11111 ----- Coord Transform (Xform: Type,Tilts,3 Bm,Map)

EZ = 1111101 ----- Sensor Source (C,D,H,P,R,S,T)

RE ----- Recorder ErAsE

RN ----- Set Deployment Name

TE = 01:00:00.00 ----- Time per Ensemble (hrs:min:sec.sec/100)

TF = **/**/**, **: **: ** --- Time of First Ping (yr/mon/day, hour:min:sec)

TP = 01:20.00 ----- Time per Ping (min:sec.sec/100)

TS = 17/10/23,05:55:06 --- Time Set (yr/mon/day, hour:min:sec)

WD = 111 100 000 ----- Data Out (Vel,Cor,Amp; PG,St,P0; P1,P2,P3)

WF = 0176 ----- Blank After Transmit (cm)

Press any key to continue

N = 030 ----- Number of depth cells (1-128)

WP = 00045 ----- Pings per Ensemble (0-16384)

WS = 0400 ----- Depth Cell Size (cm)

WV = 175 ----- Mode 1 Ambiguity Vel (cm/s radial)

>SYSTEM?

System Control, Data Recovery and Testing Commands:

AC ----- Output Active Fluxgate & Tilt Calibration data

AF ----- Field calibrate to remove hard/soft iron error

AR ----- Restore factory fluxgate calibration data

AX ----- Examine compass performance

AZ ----- Zero pressure reading

CB = 811 ----- Serial Port Control (Baud; Par; Stop)

CP # ----- Polled Mode (0 = NORMAL, 1 = POLLED)

```

CZ ----- Power Down Instrument
FC ----- Clear Fault Log
FD ----- Display Fault Log
OL ----- Display Features List
PA ----- Pre-Deployment Tests
PC1 ----- Beam Continuity
PC2 ----- Sensor Data
PS0 ----- System Configuration
PS3 ----- Transformation Matrices
RR ----- Recorder Directory
Press any key to continue
RF ----- Recorder Space used/free (bytes)
RY ----- Upload Recorder Files to Host
>TS?
TS 17/10/23,05:55:14 --- Time Set (yr/mon/day,hour:min:sec)
>PS0
Instrument S/N: 22339
  Frequency: 307200 HZ
Configuration: 4 BEAM, JANUS
  Match Layer: 10
  Beam Angle: 20 DEGREES
  Beam Pattern: CONVEX
  Orientation: DOWN
  Sensor(s): HEADING TILT 1 TILT 2 DEPTH TEMPERATURE PRESSURE
Pressure Sens Coefficients:
  c3 = +6.651672E-12
  c2 = -7.429424E-07
  c1 = +2.995665E+00
  Offset = -4.844395E+02
Temp Sens Offset: 0.06 degrees C
CPU Firmware: 50.40 [0]
Boot Code Ver: Required: 1.16 Actual: 1.16
DEM0D #1 Ver: ad48, Type: 1f
DEM0D #2 Ver: ad48, Type: 1f
PWRTIMG Ver: 85d3, Type: 5
Board Serial Number Data:
08 00 00 07 BE E3 F4 09 REC727-1000-04E
70 00 00 07 BE BD 5A 09 CPU727-2011-00E
77 00 00 07 BE C5 B6 09 DSP727-2001-04H
F9 00 00 07 BE A2 39 09 PIO727-3000-00G
>PA

```