

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(РГГМУ)**

Допущен к защите
Зав. Кафедрой д.ф.-м.н., профессор
Т. Р. Ерёмина
10.06.2016

ПО и ОПВ

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Оценка возможности использования статистических методов для прогноза биолого-промысловых характеристик на примере вылова атлантическо- скандинавской сельди

Выполнил Р.А. Коловертных,
гр. О-65
Руководитель к.г.н., доцент
Д.В. Густоев

Санкт-Петербург 2016

Содержание

Содержание.....	2
Список сокращений.....	3
Введение.....	4
Глава 1.....	7
1.1. Описание объекта.....	7
1.2. Описание районов обитания атлантическо-скандинавской сельди.....	15
1.2.1. Географическая характеристика.....	15
1.2.2. Геоморфологическая характеристика.....	19
1.2.3. Климат данного района.....	24
1.2.4. Течения и водные массы.....	28
1.3. Описание прогностических методик.....	38
1.4. Вывод по главе 1.....	40
Глава 2.....	42
2.1. Методы исследований и расчетов.....	42
2.2. Первичная статистика.....	42
2.3. Функция спектральной плотности и автокорреляционная функция.....	43
2.4. Статистико-вероятностные методы экстраполяции временных рядов....	46
2.5. Вывод по главе 2.....	53
Глава 3.....	54
3.1. Определение возможности использования статистических методов для прогноза биолого-промысловых объектов на примере атлантическо- скандинавской сельди.....	54
Заключение.....	64
Список литературы.....	67

Список сокращений

- ФАО – Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (Food and Agriculture Organization, FAO)
- ИКЕС – Международный совет по исследованию моря (The international council for the exploration of the sea ICES)
- НАФО – Организация по делам рыболовства в северно-западной части Атлантического океана (Northwest Atlantic Fisheries Organization, NAFO)
- НЕАФК – Комиссия по рыболовству в северо-восточной Атлантике (North-East Atlantic Fisheries Commission , NEAFC)
- ПИНРО – Полярный институт рыбного хозяйства и океанографии

Введение

На протяжении многих столетий человечество использует биологические ресурсы Мирового океана для своих нужд. Для многих народов эти ресурсы являются единственным источником дохода и питания. На этих же богатых ресурсах Мирового океана построены экономики многих стран, например в Норвегии есть такое выражение «Сельдь - серебро моря». Эти слова характеризуют как экономическое значение сельди, так и характерный для нее сверкающий серебристый цвет чешуи.

Постепенный переход добычи рыбы и морских млекопитающих от прибрежного к ближнему и дальнему океанскому, происходившими в течение последних 50-100 лет, базировался на все более углубленном исследовании океанов и морей, а также флоры и фауны. Это способствовало, в конечном счете, необходимости познания всего Мирового океана для выявления закономерностей и распределения его биологической продуктивности.

Развитие рыболовства вело к расширению океанологических исследований, а они, в свою очередь, способствовали развитию и расширению морского и океанского рыболовства, освоению поисковыми и промысловыми судами новых районов и акваторий Мирового океана, и поиску новых объектов промысла.

Несмотря на сложность биологических, физико-химических и других процессов, протекающих в Мировом океане, к настоящему времени накоплены ценные научные данные, позволяющие промысловой океанологии решать стоящие перед ней задачи и отвечать на запросы мирового рыболовства.

Основным объектом исследования промысловой океанологии является биотоп, а задачей исследования определяется изучение влияния абиотических и биотических факторов на распределение, воспроизводство и поведение промысловых концентраций гидробионтов и условия их промысла.

Основным методом промысловой океанологии принято считать

системный анализ. Основное внимание системного анализа концентрируется на выявлении различных связей и отношений, существующих как в его взаимодействии с внешним окружением, так и непосредственно внутри объекта.

Целью данного исследования является определение возможности прогноза по уловам атлантическо-скандинавской сельди с помощью статистических методов.

Теоретической базой данной работы послужили труды исследователей в области промысловой океанологии: А. И. Крысов, Г. К. Ижевский, В. К. Зиланов, Д. А. Васильев, Ю. Н. Ефимов и других. А также были использованы данные А. И. Крысова по вылову норвежской сельди всеми странами в тыс. тонн с 1900 по 1969 гг. и данные продовольственной и сельскохозяйственной организация ООН (FAO), региональные статистические данные по рыболовству (FishStatJ) с 1969 по 2013 гг. странами Норвегии, Исландии, Дании в тыс. тонн.

Гипотеза исследования заключается в том, что при создании качественных моделей прогнозирования возможного вылова сельди могут использоваться различные типы статистических методов в зависимости от поставленной задачи, как для однократных, так и многократных прогнозов.

В соответствии с целью и гипотезой исследования были определены следующие задачи:

1. Сбор и подготовка исходной информации по теме данного исследования;
2. Расчёт первичной статистики, среднего значения, дисперсии, моды, медианы, стандартного отклонения, коэффициента асимметрии;
3. Определение наличия закономерностей путём расчёта автокорреляционной функции и функции спектральной плотности;
4. Методическое прогнозирование и определение возможности использования статистических методов для предсказания улова сельди.

Для решения поставленных задач был проведен анализ литературы, указанный в библиографии, и произведены расчеты посредством программ STATISTICA и ASAPPlus.

Цели и задачи исследования определили следующую структуру дипломного проекта: введение, три главы, заключение, библиография.

Во введении обосновывается актуальность исследуемой проблемы, выделяется предмет исследования, формулируются цель, гипотеза и задачи. Определяются новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе рассматривается круг вопросов, связанных с описанием гидробионта и районов обитания атлантическо-скандинавской сельди, описание прогностических методик.

Во второй главе рассматриваются методы исследований, вероятностные характеристики распределения, функция спектральной плотности и автокорреляционная функция, статистико-вероятностные методы экстраполяции временных рядов.

В третьей главе представлена расчётная часть и анализ полученных результатов.

В заключении подведены итоги работы, дана оценка значимости исследованного материала.

ГЛАВА 1

1.1 Описание объекта

В Северо-Европейском бассейне Северного Ледовитого океана в настоящее время существует большое количество промысловых видов рыб. Целью исследования является описание методов прогнозирования вылова атлантическо-скандинавской сельди, в связи с чем возникает необходимость более подробного описания сельди как вида.

Атлантическая сельдь распространена от мыса Гаттераса на западе и Бискайского залива на востоке до Гренландии, северо-западных берегов Шпицбергена и Новой Земли. Область распространения ограничивается водами атлантического происхождения, а восточные и северные границы нахождения этого вида, как правило, редко заходят за границу плавучих льдов. Размножение атлантической сельди происходит только в южной половине ареала. У Лофотенских островов и островов округа Тромсе (до 70-71° с. ш. на север) расположены самые северные нерестилища. Дальше к северу и востоку встречается либо молодь, занесенная в Баренцево море Нордкапским течением, либо взрослые особи, проникающие в окраины Гренландского моря по Шпицбергенскому течению. Минимальная температура, при которой возможно размножение всех рас атлантической сельди - не ниже 4-5 °С.

Атлантическо-скандинавская (норвежская весенне-нерестующая) сельдь (*Clupea harengus harengus* Linne) является наиболее многочисленной расой. Тело у атлантическо-скандинавской сельди невысокое, прогонистое, с закругленным брюшком. В отличие от многих других сельдей, расположенные на брюхе чешуйки не образуют характерного киля. Окраска тела однотонная, без пятен. Длина тела достигает 36 см, у берегов Исландии - до 42 см. Атлантическо-скандинавская сельдь внешне очень мало отличается от Тихоокеанской. Для нее характерно большее число позвонков, 54-59 (60), чаще всего 55-58,

большее число продольных рядов чешуи, наличие сравнительно сильных зубов на сошнике, иной характер кариотипа (набора хромосом) (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 - Атлантическо-скандинавская (норвежская весенне-нерестующая) сельдь (*Clupea harengus harengus* Linne)

Несмотря на незначительные внешние отличия, Атлантическо-скандинавская сельдь существенно отличается от Тихоокеанской по биологии, особенно по биологии размножения. У берегов её можно наблюдать только в период размножения: в марте, апреле. Атлантическо-скандинавская сельдь нерестится вдоль побережья Норвегии: на шельфе юго-западного побережья, банках Норвежского и в районе Лофотенского мелководий в феврале – марте [1]. При этом максимум личинок весенне-нерестующейся норвежской сельди всегда обнаруживается на границе прибрежных и атлантических вод в слое максимума градиента плотности. Как и у многих других рыб, занимающих обширные пространства в водах умеренных, субполярных и полярных широт, нерест начинается на юге ареала. По мере прогревания вод нерестовые скопления смещаются в более высокие широты. Основные нерестилища сельди расположены вблизи области полярных (арктических) вод, где нередко складываются неблагоприятные условия для всех фаз раннего онтогенеза. В связи с этим, при возникновении любых экстремальных условий во время нереста, формируются неурожайные поколения. Например, при температуре 16°C икра сельди развивается за 6-8 суток, а при температуре 0,5°C - за 40-50 суток. Так,

неурожайные поколения норвежской сельди образуются в годы, когда возникают большие массы холодной и опресненной воды, что обуславливает дрейф личинок в слоях, не захваченных весенними процессами фотосинтеза.

Условия откорма молодых сельдей предопределяются районом распространения молоди в результате ее дрейфа. Чем севернее и восточнее заносится молодь, тем в худшие условия существования она попадает [1, 2].

Сельди, выросшие в западных районах Баренцева моря, в возрасте пяти лет становятся половозрелыми и достигают длины 24-25 см. В восточных районах за 5 лет сельди вырастают только до 18-19 см, а созревают лишь в 7-8 лет. Во время возвратной миграции к нерестилищам стаи сельди группируются по размерному признаку, который отражает в известной мере их физиологическое состояние. К возрастной группе, преобладающей в стае, по ходу миграции присоединяются особи старших возрастов, отставшие в росте, и молодые экземпляры с высоким темпом роста. После размножения атлантоскандинавские сельди вступают в новую фазу своего жизненного цикла. В начале, ослабевшие после нереста, они сносятся течением. Далее уже предпринимают активные миграции в районы откорма, в область полярного фронта, к северным берегам Исландии, в район порога Мона и далеко на север по Шпицбергенскому течению. Эта миграция происходит с большой скоростью, особенно у стай, мигрирующих на север, до 8-10 км в сутки [3]. Попутные течения ускоряют нагульные миграции (рисунок 1.2).

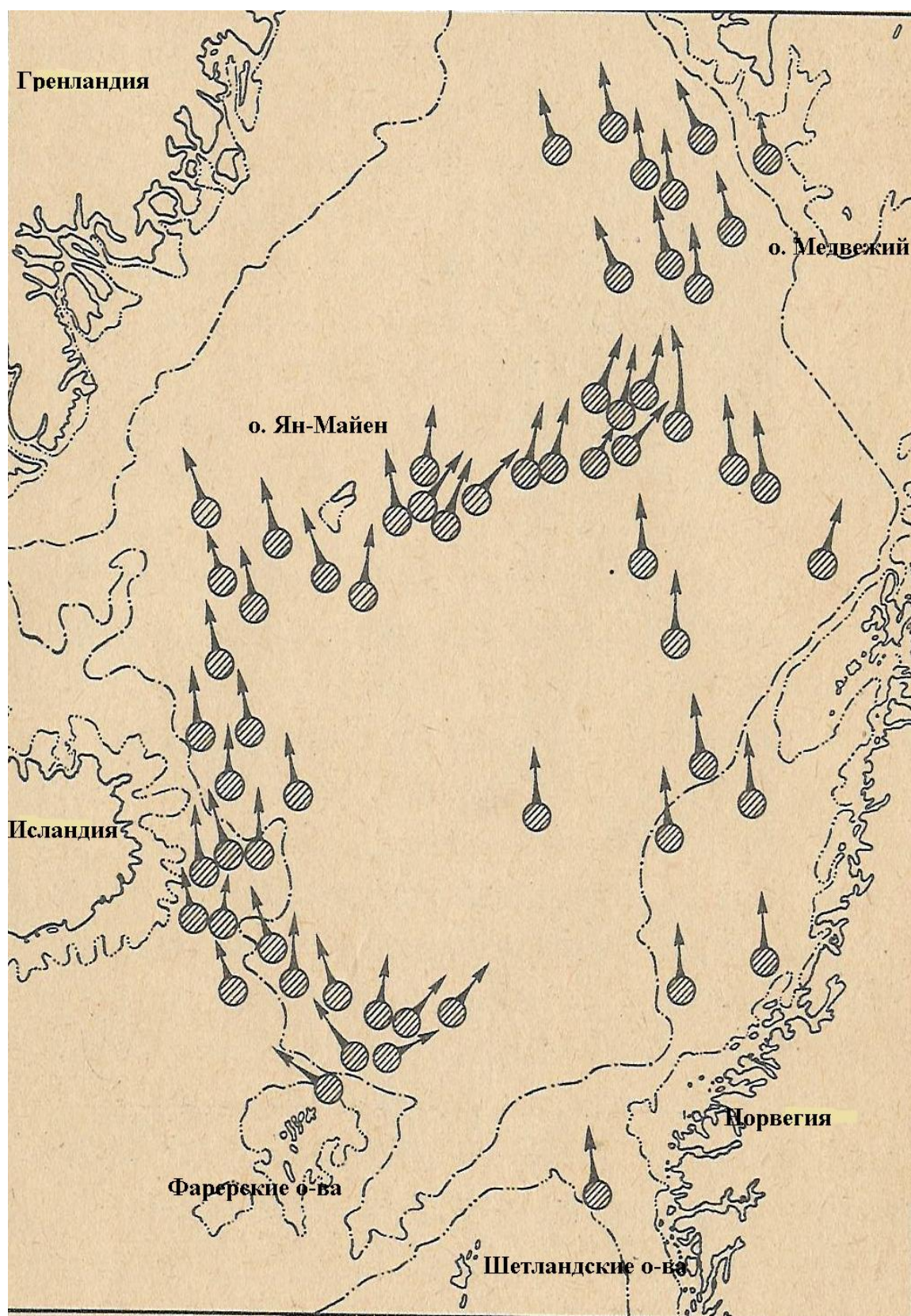


Рисунок 1.2 - Пути кормовых миграций атлантической сельди весной после размножения

В конце июля стаи сельдей достигают уже наиболее удаленных районов и, накопив запасы жира, начинают обратную миграцию.

Осенний миграционный путь проходит западнее. Во время нерестовой миграции эти же течения замедляют движение и стаи сельди, экономя силы, обходят основные потоки Норвежского течения с запада. Откармливаясь в поверхностной толще, где развитие жизненных процессов, связанных с откормом сельди, протекает очень быстро, стаи сельди уже в начале августа достигают наивысшей упитанности, после чего у них быстро развиваются половые продукты. Двигаясь со скоростью около 7 км в сутки, стаи сельди уже в декабре могли бы прибыть на нерестилища. Но в это время года вода в районе Норвегии еще холодная, планктон не развивается, корма для личинок нет, и сельдь задерживаются в пути в районе Восточно-исландского течения, где низкие температуры способствуют снижению их обмена. Стаи держатся на глубине нескольких сотен метров, где температура воды 1-2° С. С наступлением весны они быстро переходят к нерестилищам и первыми приступают к размножению (рисунок 1.3) [3,4].

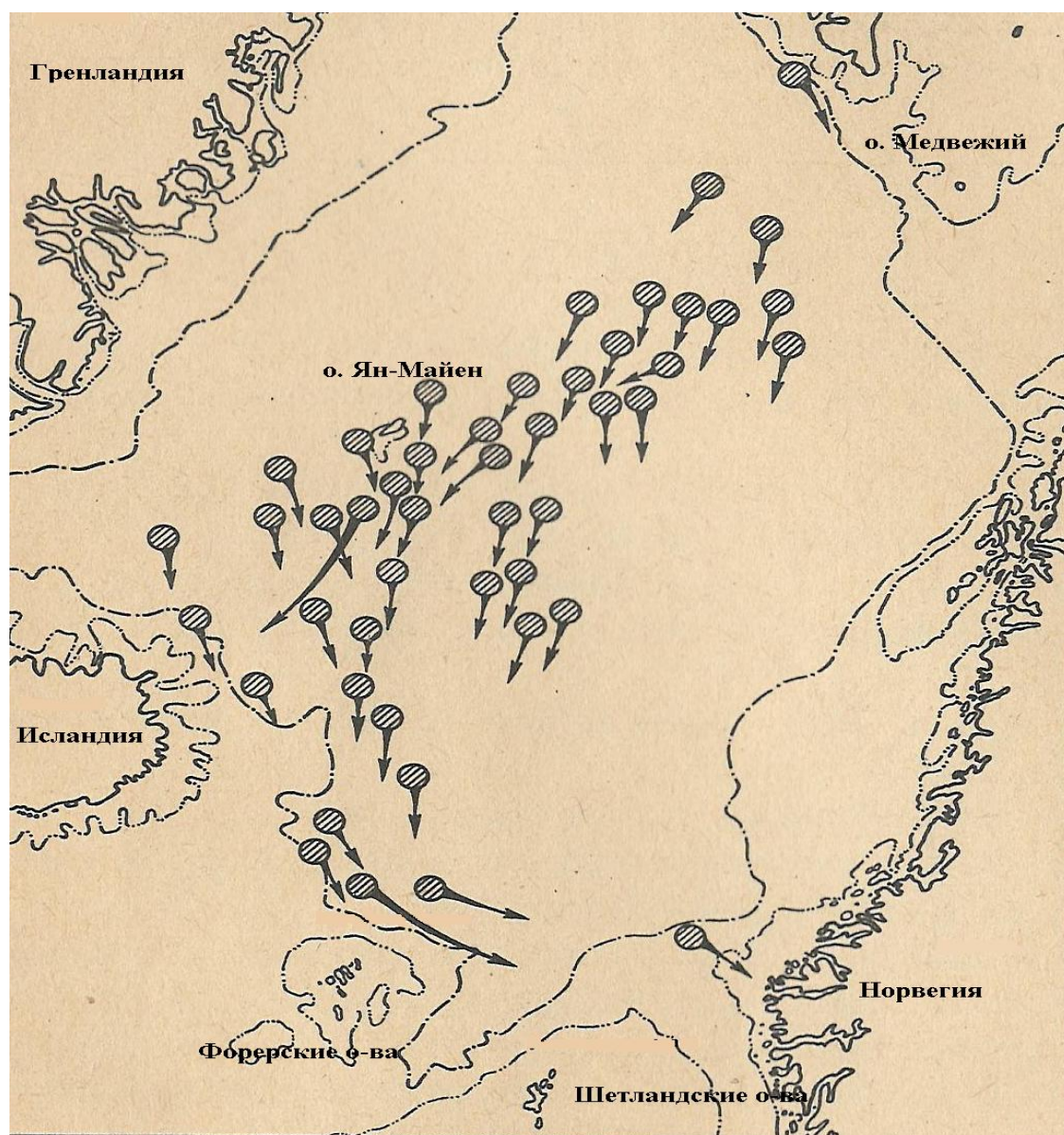


Рисунок 1.3 Пути миграции атлантической сельди осенью и зимой при возвращении рыбы к местам размножения

Вслед за сельдью идут хищные рыбы, сайда, треска, пикша. Сотни норвежских ботов, вооруженных кошельковыми неводами и дрифтерными сетями, встречают стаи сельди, приближающиеся к берегам. В практике норвежского промысла известны случаи, когда за сутки добывалось более 100 тыс. т сельди, а за сезон, продолжающийся менее месяца, улов составлял 1,0-1,2 и даже 1,5 млн. т (рисунок 1.4, 1.5).

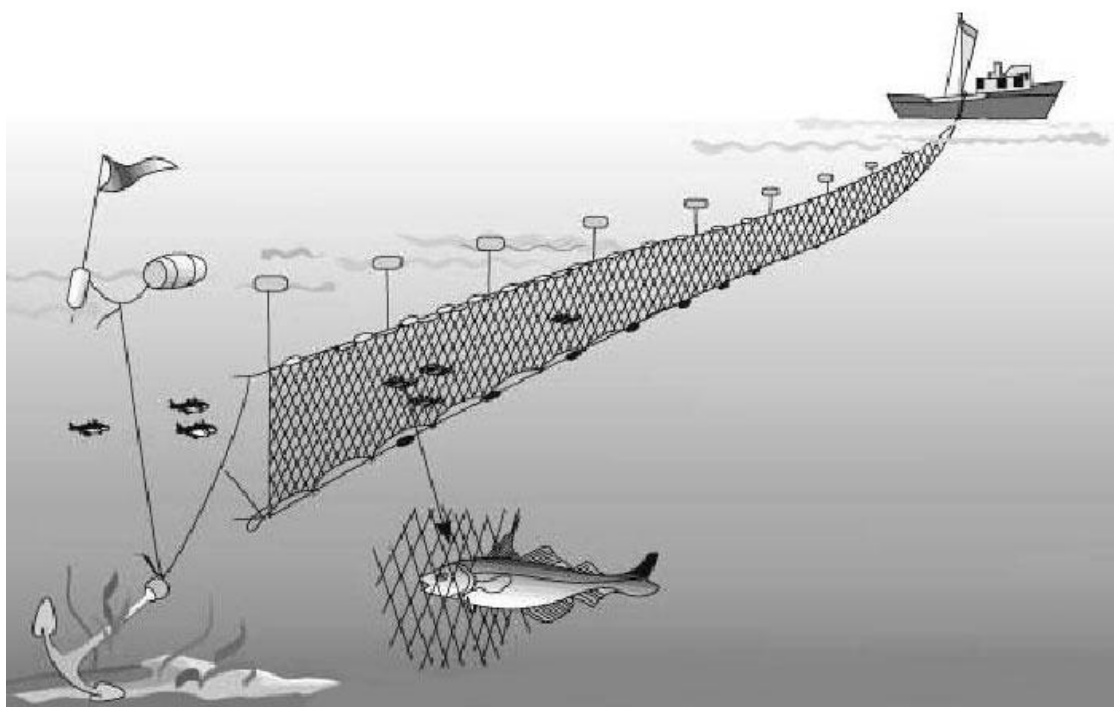


Рисунок 1.4 Дрифтерные сети

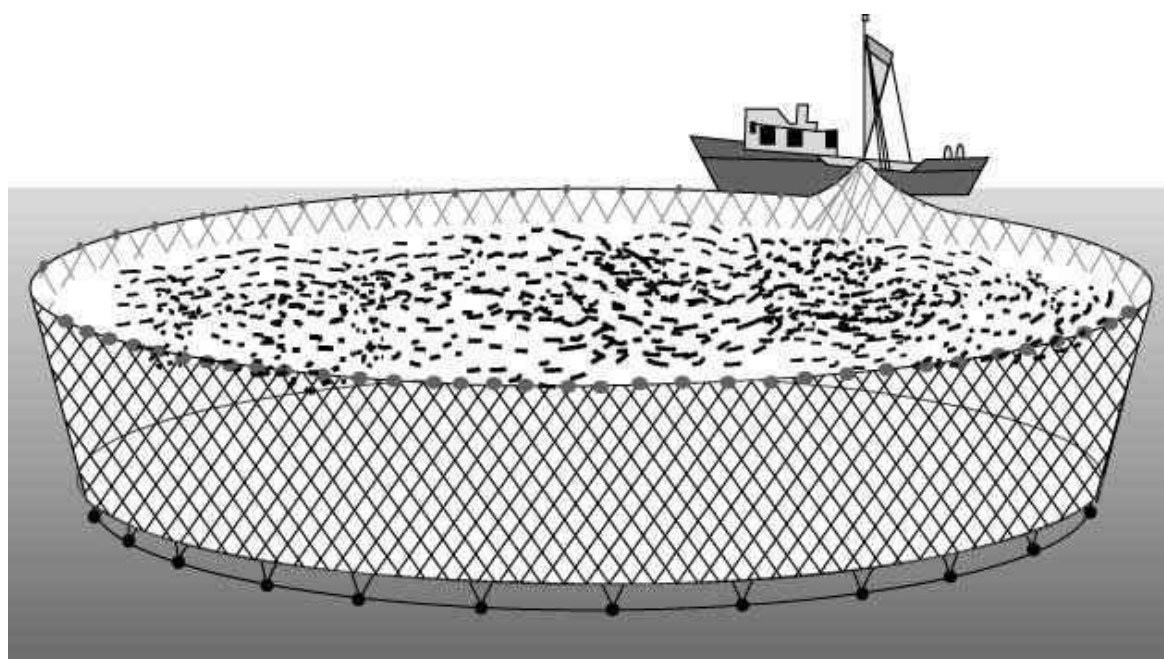


Рисунок 1.5 Кошельковый невод

У норвежских берегов издавна различают четыре промысловые категории сельди. Первая категория - мелкая сельдь 7-19 см длины в возрасте 1-2,5 года; вторая - жирная, подрастающая сельдь от 19 до 26 см длины в возрасте 2,5-4 года; третья - крупная, преднерестовая сельдь; четвертая - весенняя нерестовая сельдь, имеющие длину от 27 до 32 см и возраст от 4 до 8 лет и вы-

ше. Промысел производится в периоды подхода их к берегам: мелкой сельди - на севере, жирной - у Средней Норвегии, крупной и нерестовой - у Южной Норвегии. Долгое время лов атлантическо-скандинавской сельди производился только вблизи берегов. Исследованиями ещё советских ученых были прослежены миграции сельди и обнаружены скопления ее в открытом море, вдали от берегов. На этих скоплениях был организован эффективный промысел. В Баренцевом море живут только молодые возрастные группы атлантическо-скандинавских сельдей (до 5-7 лет). С наступлением половой зрелости они переходят в Норвежское море и вливаются в общее стадо атлантическо-скандинавских сельдей. У Мурманского побережья, как и в Норвегии, молодая сельдь нередко заходит в заливы (губы). Существовал специальный, запорный промысел такой сельди. Выход зашедшей в губу стае запирался огромной сетью, и запертая сельдь успешно вылавливалась. Особенно большие уловы сельди в губах Мурмана были получены в 1933-1935 гг. (от 68 до 103 тыс. т в год). Значительные колебания численности отдельных поколений сельди при небольшом числе их в Баренцевом море (всего 2-3 группы) не позволили создать здесь большого и устойчивого промысла. В Баренцевом море хорошие подходы сельди наблюдаются лишь периодически. В то время как в соседнем, Норвежском море взрослое стадо состоит из 8-10 взрослых групп, и возможности сельдяного промысла здесь более стабильны. Атлантическо-скандинавская сельдь обладает огромным высокопродуктивным нагульным ареалом и достигает больших размеров, чем другие расы. Имея высокий темп роста, она живёт до 15-18 лет и, как следствие этого, обладает разновозрастной структурой нерестового стада [5,6].

Первое упоминание о лове атлантической сельди встречается еще в 702 г. в монастырских хрониках Англии. Уже тогда сельдь служила источником благосостояния. С одиннадцатого и вплоть до пятнадцатого столетия, соленая (сухим, стоповым посолом) сельдь была важным объектом торговли ганзейских купцов, и на базе этой торговли возросло и базировалось в течение не менее 350 лет морское могущество Ганзейского союза городов. Ганзейские

рыбаки промыслили сельдь главным образом у немецких и датских берегов Балтийского моря. Однако в 15 веке подходы сельди к этим берегам стали гораздо меньше. Были годы, когда она вовсе не подходила, и уловы здесь стали катастрофически падать. В то же время были обнаружены громадные подходы сельди к берегам Голландии и Шотландии. Промысел сельди сыграл огромную роль в развитии экономики Голландии в 15-16 веках. Голландцами был открыт способ мокрого посола сельди в деревянных бочках на судах. Появились и специальные промысловые корабли - логгеры, для лова сельди в море. Уже тогда сельдь ловили вдали от берегов с парусных логгеров с помощью дрейфтерных сетей, на которых сельдь засаливалась в бочках и в готовом виде доставлялась на берег. С 17 столетия морской промысел сельди начинает развиваться и в Англии. Эта европейская страна очень быстро заняла первое место в сельдяном рыболовстве в северо-западном регионе и сохраняла его до начала первой мировой войны. Затем пальма первенства перешла к Норвегии. Наконец, в 1950- 1967 гг. наибольшие уловы сельди брали Норвегия, Советский Союз, Исландия и Дания [7].

1.2 Описание районов обитания атлантическо-скандинавской сельди

1.2.1 Географическая характеристика

Район обитания атлантическо-скандинавской сельди включает в себя Северную Атлантику с Гренландским, Норвежским, Баренцевым морями, относящимися к Северо-Европейскому бассейну Северного Ледовитого океана. Граница между этим бассейном и Атлантическим океаном проходит между Гренландией и Исландией через Датский пролив и далее от мыса Тернир (Исландия), через остров Фугле (Фарерские острова), остров Макл-Флагна (Шетландские острова) и к острову Статланн у побережья Норвегии.

Норвежское и Гренландское моря разделяются условной границей, проходящей от северо-восточного побережья Исландии к острову Ян-Майен

и далее, над подводным порогом Мона к острову Медвежьему. Северная граница Гренландского моря считается от северного побережья Западного Шпицбергена до северо-восточной оконечности Гренландии.

Граница между Гренландским, Норвежским и Баренцевым морями проходит от мыса Норкап до острова Медвежьего и далее до южной оконечности Западного Шпицбергена.

На севере и востоке Баренцево море ограничено линией от северного Шпицбергена до Земли Франца-Иосифа и от нее до северной оконечности Новой Земли (рисунки 1.6; 1.7; 1.8).

На западе рассматриваемый район включает воды восточной, западной Гренландии, Ньюфаундлендского мелководья, банки Флемиш-Кап, Новошотландского мелководья и банки Джорджес [8,9].

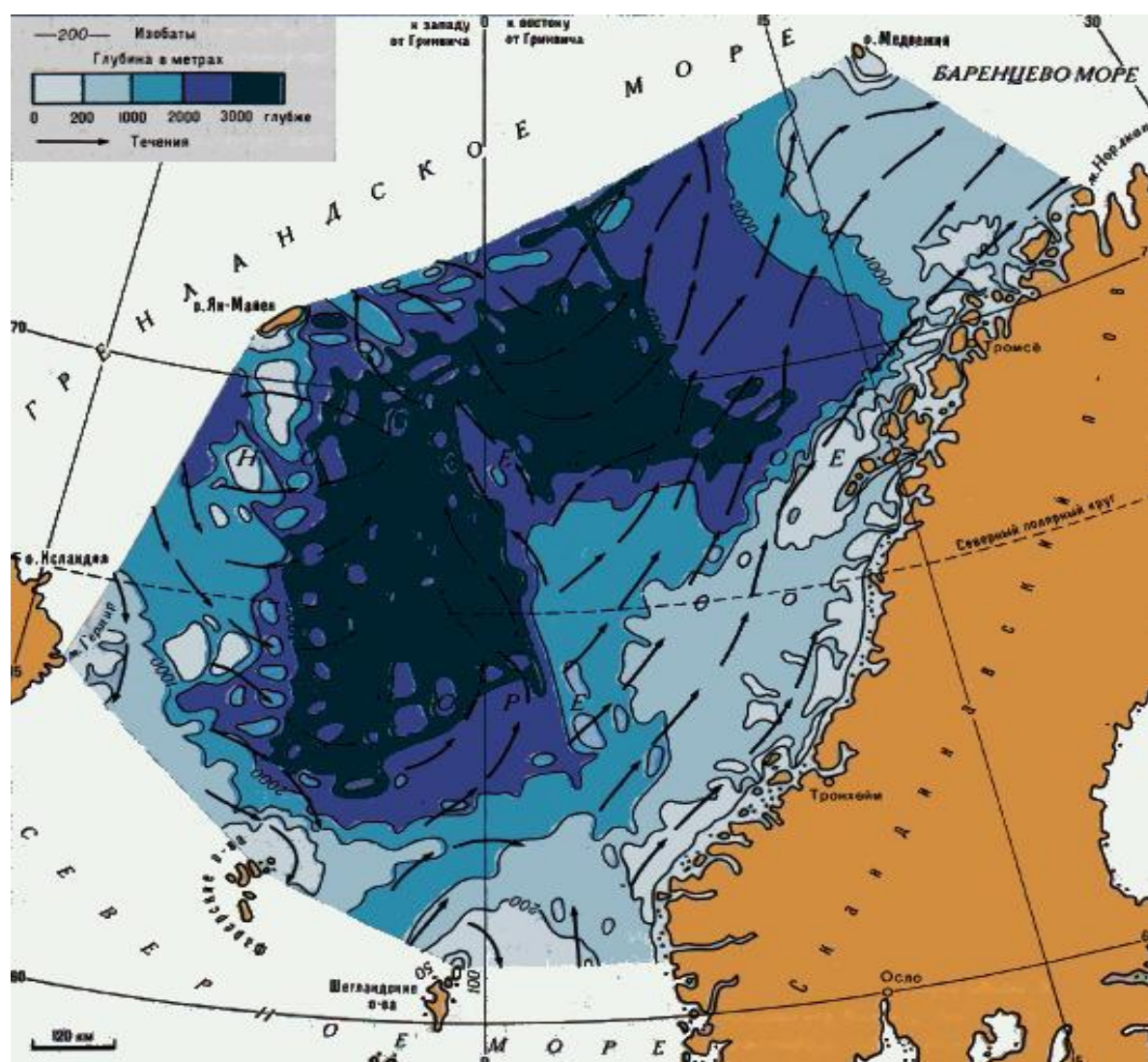


Рисунок 1.6 - Рельеф дна и течения Норвежского моря

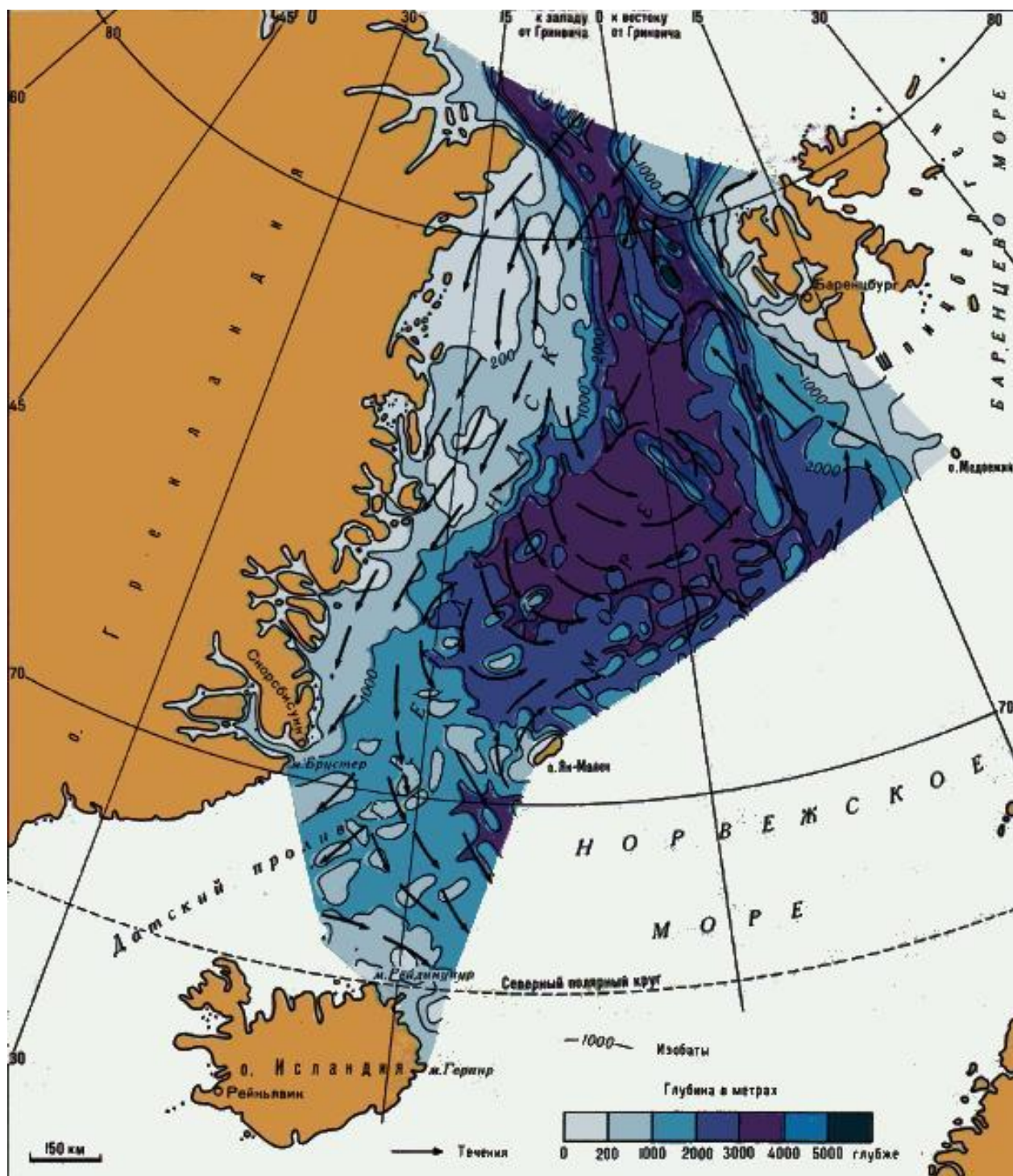


Рисунок 1.7 - Рельеф дна и течения Гренландского моря

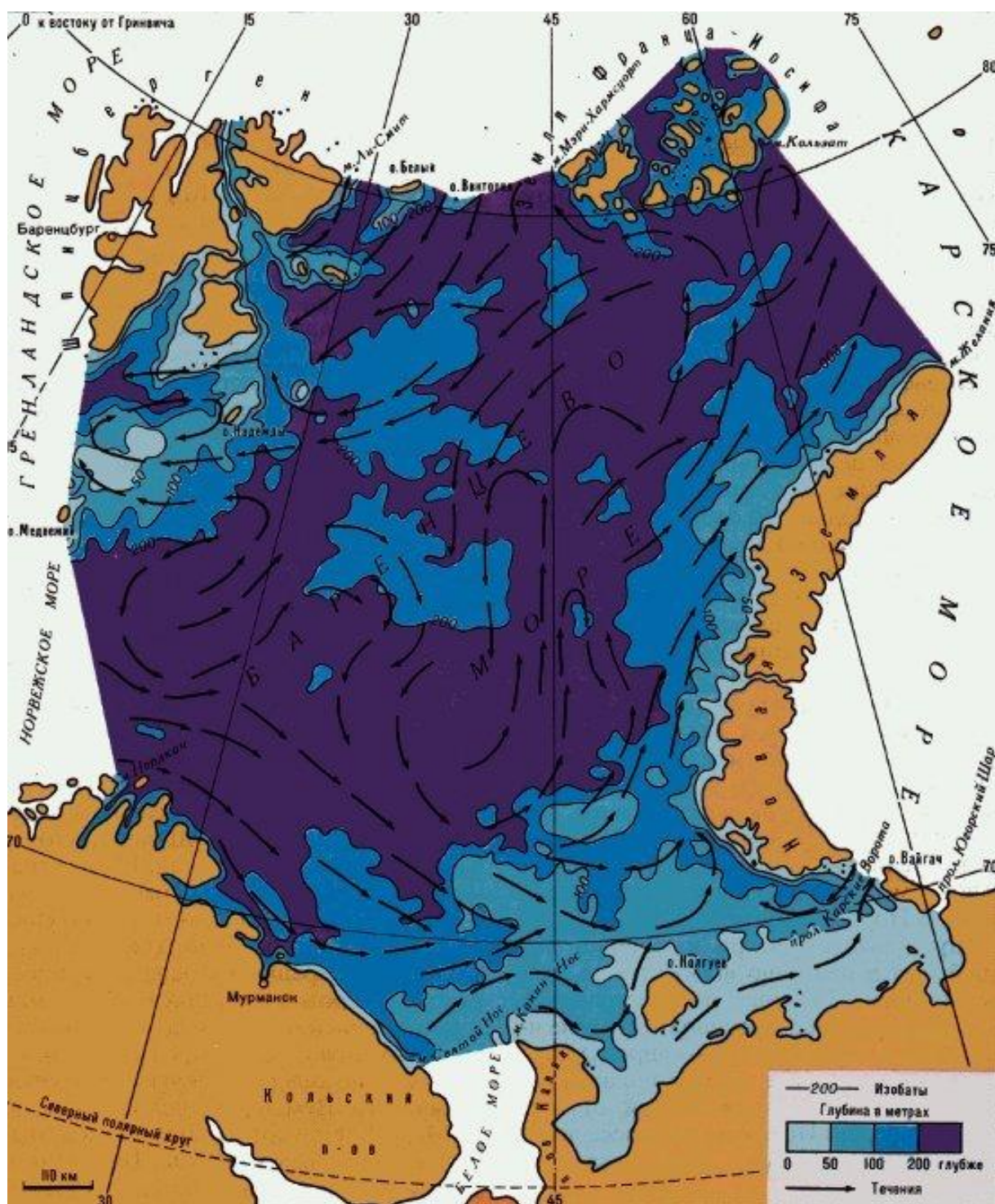


Рисунок 1.8 - Рельеф дна и течения Баренцева моря

По существующему районированию, принятому в международных организациях ФАО, ИКЕС, НЕАФК и НАФО, Северная Атлантика и моря Северо-Европейского бассейна делятся на следующие укрупненные районы, подрайоны и зоны: Баренцево море, Шпицберген, Северо-Западное побережье Норвегии, Северное море, Фарерский, Исландский, Запад Шетландии,

Ирландский, Бискайский, Азорские острова, Восточная Гренландия, Западная Гренландия, Ньюфаундлендское мелководье, банка Флемиш-Кап, Новошотландское мелководье и банка Джорджес. В свою очередь районы, подрайоны, зоны разбиты на более мелкие подзоны в зависимости от конфигураций рельефа, особенностей океанографических и промысловых факторов.

1.2.2 Геоморфологическая характеристика

К западу от Британских и Фарерских островов лежит обширная система подводных поднятий, являющаяся по современным геоморфологическим представлениям обломком материкового бордерленда. Система поднятий разделена на ряд банок, плато и подводных гор. Крупнейшими из них являются банка Поркьюпайн, плато Хаттон, плато (возвышенность) Роколл, банки Лутер-Бейлис, Фёре, Билл-Бейлис, Роз-Мэри.

Банка Поркьюпайн, расположенная недалеко от западного побережья Ирландии, ограничена изобатой 200 м. Банка имеет довольно крутые склоны к северу и западу, и пологие - к востоку и югу, с постепенным нарастанием глубин до 500-700 м. Между банкой Поркьюпайн и возвышенностью Роколл лежит огромная впадина с глубинами до 3000 м, являющаяся тектоническим продолжением Западно-Европейской котловины.

Границу обширной возвышенности Роколл обычно проводят вдоль 1000-метровой изобаты. В центре возвышенности имеется большая банка с глубинами менее 200 м и скала, которая возвышается на 10-15 м над уровнем моря.

Плато Хаттон расположено к юго-западу от банки Аутер-Бейлис и к северо-западу от возвышенности Роколл. От банки Аутер-Бейлис оно отделено желобом с глубинами около 1200 м, а от возвышенности Роколл - впадиной с глубинами 1100-1200 м. Плато представляет собой серповидное поднятие с отчетливо выраженной группой банок. На крайнем северо-востоке

расположена банка Джордж-Блай с минимальной глубиной 416 м, которая является составной частью плато. Кроме банки Джордж-Блай, на плато отмечено 5 банок с глубинами менее 600 м, и одна банка (на его плато) с глубинами менее 700 м.

Банка Аутер-Бейлис расположена на крайнем западе группы банок, простирающихся к юго-западу от Фарерских островов. Минимальная глубина - 174 м. На востоке банка Аутер-Бейлис отделена от банки Билл-Бейлис желобом с глубинами около 1100 м. Минимальная глубина на банке Билл-Бейлис - 115 м.

К северо-востоку от этой банки через желоб с глубинами до 350 м расположена банка Фёре. Последняя является самой северной из серии банок на возвышенности Роколл. Глубины на ней составляют от 90 до 160 м, поверхность ровная. Внешний край банки резко выражен, а ограничивающие ее склоны крутые, особенно восточный и северо-восточный. От шельфа Фарерских островов банка Фёре отделена желобом, юго-западным Фарерским каналом, который как бы продолжает Фарерско-Шетландский канал.

Шельф вокруг Фарерских островов по форме повторяет общие очертания самих островов. В северной и северо-западной частях шельфа от берегов до глубин 100-110 м простирается ровная поверхность, а затем (до глубин 150-180 м) преобладает мелкохолмистый рельеф. На юг от островов шельф тянется в виде широкого гребня с преобладающими глубинами от 120 до 180 м. Только на самой южной его оконечности глубины увеличиваются до 270 м. Внешний край шельфа Фарерских островов почти везде четко выражен. Средние глубины шельфа порядка 170-180 м, но в отдельных местах достигают 270-320 м. Только на северо-востоке край шельфа не имеет четкого перегиба. Здесь от ровной поверхности банки Фуглё начинается очень пологий склон на восток - северо-восток, с перепадом глубин от 80 до 900 м.

К востоку от Фарерских островов строение рельефа шельфа более сложное. Прибрежная часть с глубинами до 145-150 м отделяется от остального шельфа серией понижений дна в виде небольших желобов,

вытянутых вдоль восточных островных берегов. Глубины желобов достигают 230-330 м, крутизна склонов - до $2-3^{\circ}$, рельеф дна мелко-холмистый. От продольных понижений к краю шельфа простираются поперечные депрессии, разделяющие шельф на ряд мелководных банок: Фуглё, Нольсё, Сюдере. Поверхность банок шельфа в основном ровная, глубины составляют 150-190 м.

Фареро-Шетландский канал представляет собой глубокий желоб, расположенный между шельфом Фарерских островов и шельфом у Шетландских островов и Северо-Западной Шотландии. На северо-востоке канал выходит к большим глубинам Норвежского моря. На юго-западе, упираясь в порог Уайвилла Томсона, канал поворачивает сначала на запад, затем на северо-запад. Фареро-Шетландский и юго-западный Фарерский каналы в виде единого желоба огибают шельф Фарерских островов с востока, юга и юго-запада. Повсюду желоб имеет корытообразный поперечный профиль. Крутизна склонов желоба колеблется от $1,0-1,5^{\circ}$ в северо-западной части до $3-4^{\circ}$ в Юго-Западном Фарерском канале. Здесь крутизна иногда достигает 10° и более. Дно желоба на всем протяжении довольно ровное, за исключением южной части, где рельеф холмистый. Порог Уайвилла Томсона простирается от выступа шельфа Северо-Западной Шотландии до южной оконечности банки Фёре. Порог представляет собой вал шириной не более 7-8 миль с холмистой поверхностью и относительно крутыми склонами. На самом пороге преобладают глубины от 470 до 550 м, а в его седловине - до 575 м. Южный склон спускается до глубин 1300-1400 м, где переходит в днище Ирландского желоба.

К северо-западу от Фарерских островов расположен обширный Фарерско-Исландский порог с преобладающими глубинами 400-600 м, минимальной глубиной 230 м и сложным холмистым рельефом.

Порог Уайвилла Томсона и Фареро-Исландский порог, а также Фарерские острова и Исландия с их островными шельфами являются естест-

венными границами, окаймляющими Норвежское море с юго-запада (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 - Геоморфологическая карта района

В геоморфологическом, а также океанологическом отношении Норвежское и Гренландское моря представляют собой единый глубоководный бассейн. С запада он окаймлен Исландско-Гренландским порогом и побережьем Гренландии, с севера (по границе с Арктическим бассейном) располагается порог Фритьофа Нансена. Восточная граница проходит вдоль

побережья Шпицбергена, далее по материковому склону Баренцева моря и побережью Западной Норвегии. С южной стороны бассейн ограничивается склоном Северного моря. По данным ПИНРО, общая площадь бассейна составляет 2495502 кв. км., объем - 4261480 куб. км.

По характеру подводного рельефа дно Норвежско-Гренландского бассейна продолжает на север дно Атлантического океана. Общим для них является наличие Срединного океанического хребта, который в виде широкой полосы через Исландию простирается в Норвежское море и далее севернее, в Гренландское море. Он разделяется на подводные хребты - Исландско-Ян-Майенский и Мона.

Исландско-Ян-Майенский подводный хребет простирается от северного края Исландского шельфа на север - северо-восток до широты 71°, где резко поворачивает на восток к острову Ян-Майен.

К западу, югу и юго-востоку от острова Ян-Майен располагается небольшой шельф с неровным рельефом. К северу и северо-востоку шельф почти отсутствует и ограничивается огромным уступом, простирающимся на 80 миль. Вдоль его подножья тянется Северо-Ян-Майенский желоб с глубинами 2000-2200 м и плоским дном.

Далее на северо-восток простирается подводный хребет Мона, состоящий из множества коротких гребней, отдельных вершин и разделяющих их углублений. Вдоль осевой линии хребта проходит цепь наиболее высоких вершин - банка Мюрет (глубина 610 м), банка Месяцева (глубина 820 м), банка Луизы Бойд (глубина 543 м), банка Бруно Шульц (глубина 577 м) и другие. Продолжением порога Мона в северном направлении от 73°с.ш. является хребет Книповича.

Из хорошо выраженных глубоководных поднятий в Норвежско-Гренландском бассейне выделяются еще Норвежское плато и Южно-Ян-Майенский хребет. Последний простирается на расстоянии более чем 120 миль и представляет собой поднятие дна в виде вала с крутыми склонами и

ровной поверхностью. Глубины над поверхностью хребта в южном направлении постепенно увеличиваются от 600-650 до 850-900 м.

Норвежское плато, входящее в переходную зону от подводной окраины материка к ложу моря, примыкает к материковому склону в районе Средней Норвегии в виде огромной террасовидной ступени. Плато расположено на глубинах от 1200 до 1400 м и имеет выровненные, сглаженные формы рельефа. Внешний к ложу моря склон Норвежского плато имеет ярко выраженный выпуклый профиль. Склон Норвежского плато начинается с глубин порядка 1300—1400 м, с постепенным увеличением крутизны от 0,5 до 2,5-3°.

Характерной чертой рельефа дна Норвежского и Гренландского морей является наличие обширных глубоководных котловин (или впадин). Важнейшие из них - Норвежская (расположена между склонами Норвежского плато и материковым склоном Исландии), Лофотенская (занимает северо-восточную часть Норвежского моря) и Гренландская, которая является ложем Гренландского моря. Поверхность дна впадин от глубин 2500-3000 м и более довольно ровная. На ее фоне разбросаны изолированные подводные горы, вершины которых отмечаются в основном на глубинах 1,5-2,5 тыс. м. К юго-западу от Исландии проходит хребет Рейкьянес и далее Серединно-Атлантический хребет. На западе района расположены небольшая банка Флемиш-Кап и широкое Ньюфаундлендское и Шотландское мелководья [10].

1.2.3 Климат данного района

Описываемый район находится в умеренной и субарктической климатической зонах. Граница между ними протекает от южного побережья Гренландии к западному побережью Исландии, а от северо-восточной оконечности Исландии к острову Ян-Майен и далее к южной части Лафонтенских островов.

Умеренная климатическая зона характеризуется преобладанием воздушных масс умеренных широт. Интенсивно развита циклоническая деятельность, особенно зимой. Очень часто наблюдается пасмурная погода. Зима мягкая, но с неустойчивой погодой и сильными ветрами. Лето прохладное, с частыми туманами. Количество осадков превышает расходы на испарение. Ветры преимущественно западных румбов.

В субарктической климатической зоне летом преобладают воздушные массы умеренных широт, зимой - арктических. Для этой зоны характерна повышенная относительная влажность воздуха, особенно в летний период. Лето здесь холодное и сырое. Осадки неинтенсивные, но частые. Между зимой и летом ярко выражена большая температурная разница. На западе области круглогодично встречаются плавучие льды, но наиболее многочисленны зимой. Весь обширный район от западной части Британских и Фарерских островов до северного побережья Норвегии и Западного Шпицбергена находится под влиянием, с одной стороны, холодных арктических воздушных масс, формирующихся над Северным Ледовитым океаном и ледяным щитом Гренландии, с другой - теплых атлантических воздушных масс. Наиболее погодообразующее влияние на данный район оказывает положение квазистационарных областей давления - Азорского максимума и Исландского минимума (рисунок 1.10).

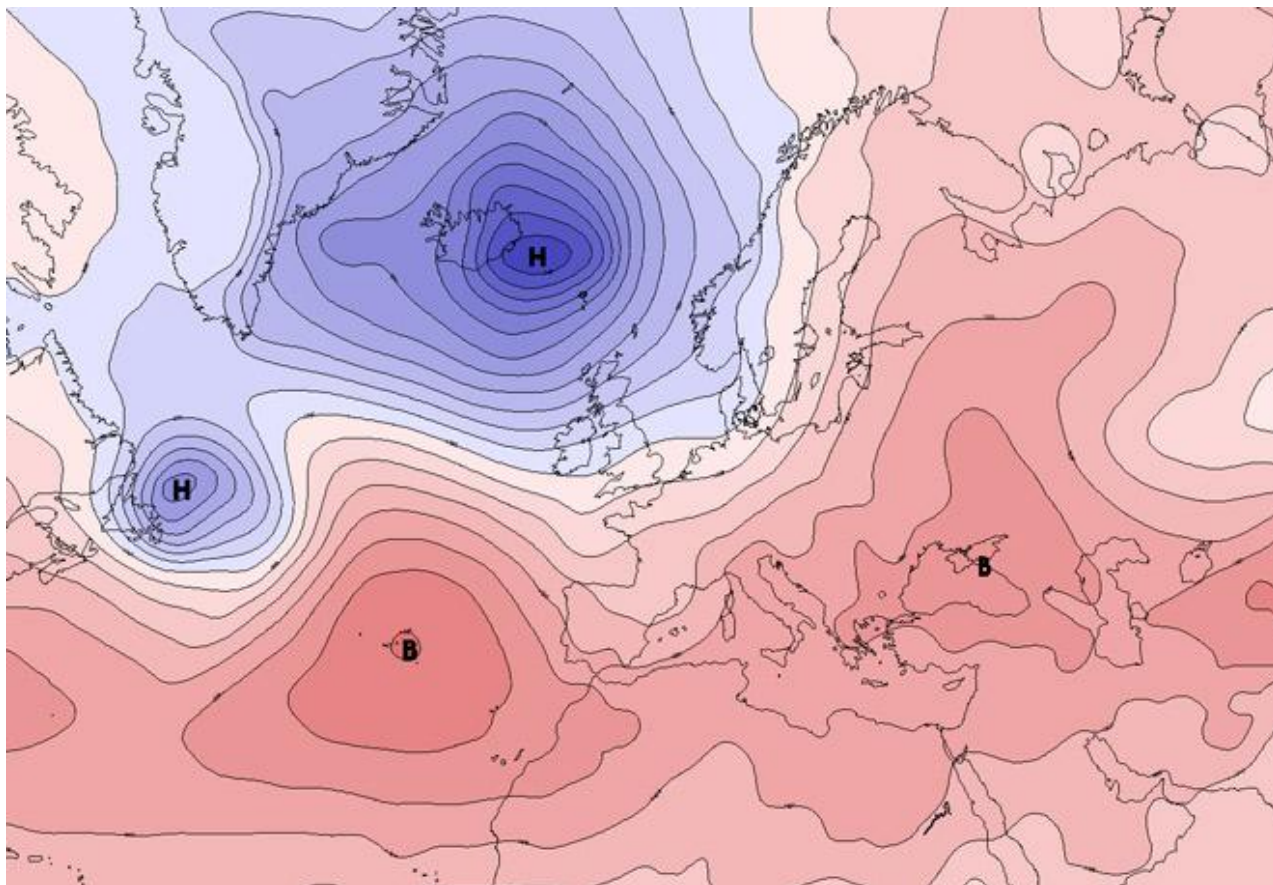


Рисунок 1.10 - Приземное поле давления 19 декабря 2013 года

Наличие Исландского минимума давления создает благоприятные условия для перемещения в описываемый район масс морского тропического воздуха из области Азорского антициклона и масс морского арктического воздуха из зоны высокого давления, формирующейся над северной частью Гренландии. При движении над океаном эти воздушные массы постепенно теряют свои первоначальные свойства и превращаются в морской воздух умеренных широт, который, по существу, определяет особенности погоды в тот или иной сезон года.

Положение барических областей непостоянно. Зимой Исландский минимум обычно усиливается, а Азорский максимум ослабевает. При этом возникает устойчивый юго-западный перенос теплых и влажных воздушных масс с океана, что способствует установлению мягких зим.

Положение фронта, разделяющего различные воздушные массы, определяет изменение траекторий движения циклонов, зарождающихся на полярном фронте. Большинство циклонов проходит южнее Исландии и движется на восток и северо-восток, однако некоторые из них следуют в северо-восточном направлении непосредственно через остров Исландия и даже к западу и северу от него. Траектории движения циклонов в летний период располагаются южнее, чем зимой. Обычно циклоны следуют один за другим сериями, состоящими из 4—6 циклонов и перемещающимися, в среднем, со скоростью около 30—45 км /ч.

В открытой части Норвежского моря в течение всего года господствуют ветры от южных до западных румбов. Повторяемость юго-западных ветров в отдельные месяцы достигает 25—26%. Наибольшая повторяемость штормов силой свыше 6 баллов наблюдается в осенне-зимний период и достигает в январе 37%. Средняя скорость ветра зимой составляет 8—9 м/с, летом уменьшается до 5—6 м/с (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Повторяемость и сила ветра по направлениям в открытом океане (60-65°с.ш.; 05°в.д.; 05°з.д.)

Направление ветра	Повторяемость ветра по месяцам, %											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N	9	14	10	18	8	10	10	12	7	10	9	8
NO	8	8	14	12	7	19	9	6	10	10	9	7
O	8	7	10	8	11	8	4	5	8	7	10	10
SO	11	8	10	8	16	20	8	13	14	6	11	14
S	12	10	14	8	16	23	14	11	15	12	17	14
SW	23	22	15	10	20	8	21	18	22	22	21	26
W	12	16	11	13	11	0	14	15	10	17	12	8
NW	10	7	6	7	7	0	13	15	7	11	9	5
Штиль	7	8	10	16	4	12	17	5	7	5	2	8
Сила ветра в баллах												
0-5	63	72	85	89	93	94	94	92	84	83	76	75
6-7	23	19	11,7	8,8	6	6	5	6	11,6	13,6	18	16
8-10	9	8	3	2	0,5	0	0,6	0	4	3	4	7
10-12	5	1	0,3	0,2	0,5	0	0,4	2	0,4	0,4	2	2

1.2.4 Течения и водные массы

Главной особенностью Северной Атлантики и прилегающих морей Северо-Европейского бассейна является влияние мощной системы Гольфстрима, зарождающейся в тропиках и проникающей в Норвежское, Гренландское, Баренцево моря, где, взаимодействуя с холодными полярными водами, возникают фронтальные зоны, богатые биогенными элементами, и, как следствие, создаются благоприятные условия для повышенной биологической продуктивности.

У южной оконечности Большой Ньюфаундлендской банки Гольфстрим переходит в Северо-Атлантическое течение, которое, перенося свои воды на восток и северо-восток через участки с холмистым рельефом дна, сопровождается образованием ряда завихрений циклонического и антициклонического характера. Так, в районе северо-западного склона плато Хагон и банки Аутер-Бейлис наблюдается устойчивый антициклонический круговорот, который прослеживается до километровой глубины. Часть вод Северо-Атлантического течения проходит на северо-восток вдоль восточного склона возвышенности Роколл. Около 59°с.ш. этот поток поворачивает к востоку и далее вдоль глубин материкового склона у Гебридских островов и Ирландии следует в юго-западном направлении. Часть этого потока образует антициклонический круговорот над глубоководным желобом между возвышенностью Роколл и Гебридскими островами, захватывая банку Поркьюпайн.

В Норвежское море основная масса вод Северо-Атлантического течения входит через Фареро-Шетландский канал и движется в северо-восточном направлении, и меньшая часть, огибая Фарерские острова, с севера, где создает так называемую Фарерскую ветвь Северо-Атлантического течения, которая с подходящими водами Восточно-Исландского течения образует вокруг Фарерских островов антициклонический круговорот.

Другая часть водной массы, не достигнув Фареро-Шетландского канала, отклоняется к западу, оmyвает банки, расположенные около южного побережья Исландии, и разделяется на две ветви. Одна из них образует большой круговорот в северо-западной части Атлантического океана, а другая отклоняется к северу, проходит Датский пролив и движется вдоль северных и северо-восточных берегов Исландии (течение Ирмингера). Основная часть атлантических вод входит в Норвежское море между Фарерскими островами и Исландией. Пройдя Фареро-Шетландский острова, поток атлантических вод, именуемый Норвежским течением, направляется на северо-восток, где под влиянием рельефа дна разделяется на ряд ветвей. Незначительная часть потока огибает Шетландские острова с севера и затем следует на юго-восток, в Северное море. Основной поток Норвежского течения в районе Норвежского плато разделяется на Восточную и Западную ветви. Западная ветвь при движении на север также делится на ряд струй. Некоторые из них образуют большие и малые завихрения в западной и в северной частях Норвежского моря. Ответвлением западной струи на 69 с.ш. является Северо-Западное теплое течение, достигающее острова Ян-Майен.

Восточная ветвь следует в основном на северо-восток и в районе 68°с.ш. от нее отделяется Средняя ветвь, которая входит в Гренландское море между 10 ° и 11 ° в.д. У южной части Лофотенских островов Восточная ветвь вновь делится на две струи. Одна направляется на север, а другая, именуемая Нордкапским течением, входит в Баренцево море и, следуя на восток и северо-восток, подходит к Гусиной банке и Новой Земле. Все три ветви Норвежского течения, Восточная, Средняя и Западная - на широте Шпицбергена соединяются и образуют Шпицбергенское течение.

Холодные воды из Полярного бассейна проходят в Гренландское море в основном через западную часть хребта Ф. Нансена и представлены Восточно-Гренландским течением и его Ян-Майенской ветвью, Восточно-Исландским, Медвежинским и Восточно-Шпицбергенским течениями.

Восточно-Гренландское течение несет холодные арктические воды широким потоком вдоль берегов Гренландии в верхнем слое воды глубиной до 200 м. В районе 73° с.ш. от него отделяется Ян-Майенская ветвь, которая, следует сначала на юго-восток, затем не доходя острова Ян-Майен, поворачивает к северо-востоку и участвует в образовании циклонической циркуляции вод Гренландского моря. От Восточно-Гренландского течения в районе Гренландского мелководья часть холодных вод, носящих наименование Восточно-Исландского течения, отклоняется к востоку и входит в Норвежское море между островами Ян-Майен и Исландией, следуя в юго-восточном направлении.

Восточно-Исландское течение преграждает доступ в Норвежское море теплым водам Северной ветви течения Ирмингера, которое огибает Исландию с запада, и, за счет перемешивания с ним, немного повышает свою температуру и соленость. Восточно-Исландское течение к северо-востоку от Исландии проходит по ложбине, ограниченной изобатой 1000 м на юго-востоке и банкой с отметкой 975 м на северо-востоке (68°30' с.ш. и 07°40' з.д.). В поверхностных слоях это течение прослеживается в южной части Норвежского моря до Фарерских островов, а в глубинных – до Фареро-Шетландского канала. Природа возникновения Восточно-Исландского течения не совсем проста. Исследования показали, что оно возникает не только от простого ответвления от Восточно-Гренландского течения, но и в результате сложного кругового движения водной массы к северу от Исландии. В этом движении участвуют воды краевой зоны Восточно-Гренландского течения, воды, приносимые течением Ирмингера, а также воды, формирующиеся над впадиной между Исландией и островом Ян-Майен.

Медвежинское течение связано с выносом в Норвежское море холодных опресненных баренцевоморских вод и льдов. Это течение в виде "языка" вытянуто к югу и юго-западу от Медвежьего острова. Восточно-Шпицбергенское течение также выходит из Баренцева моря, огибая южную оконечность Западного Шпицбергена, вдоль которого оно следует на север.

теризуются высокой температурой (4-8°C и выше) и соленостью (35‰ и более). Температура полярных вод из Арктического бассейна около 0°C, соленость 32—33‰. Самыми холодными являются воды зимнего происхождения в восточной части Гренландского моря (температура минус 1°C и ниже), постепенно опускающиеся в нижележащие горизонты и образующие холодный подстилающий слой (рисунок 1.12; 1.13).

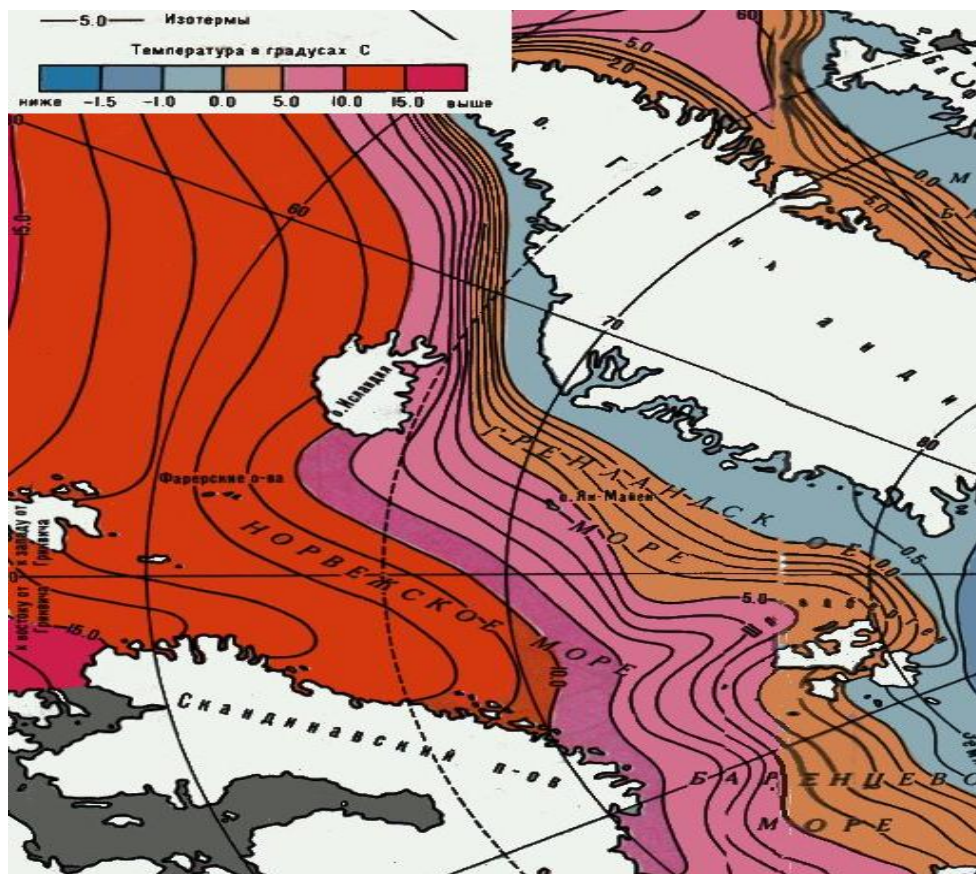


Рисунок 1.12 - Температура на поверхности морей Северного Ледовитого океана

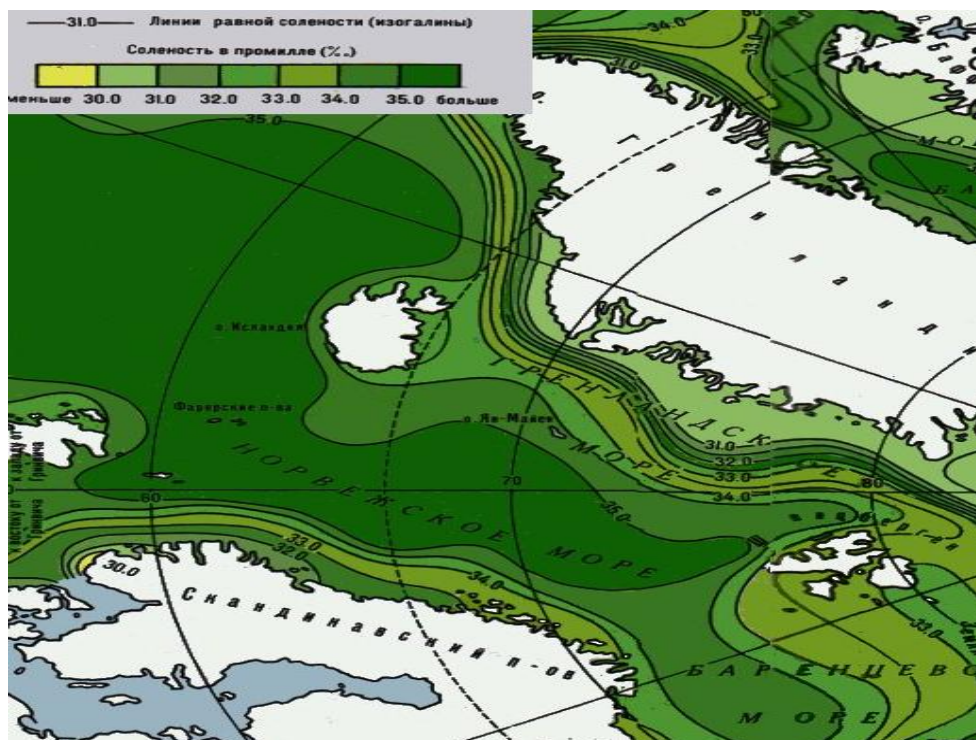


Рисунок 1.13 - Соленость на поверхности морей Северного Ледовитого океана

В местах соединения водных масс различного происхождения образуются так называемые гидрологические фронты. Граница между полярными (арктическими) и атлантическими водами называется полярным фронтом.

Зоны полярного фронта характеризуются интенсивным перемешиванием, относительно узкой зоной градиентов температур, частым вклиниванием холодных вод в теплые и, наоборот, подъемом в верхние слои глубинных вод, богатых биогенными элементами и, как следствие, повышенной биомассой фитопланктона и зоопланктона. Наиболее плотные скопления нагуливающих планктоноядных рыб (атлантической сельди) обычно приурочены к этим богатым пищей участкам моря (Рисунок 1.14).

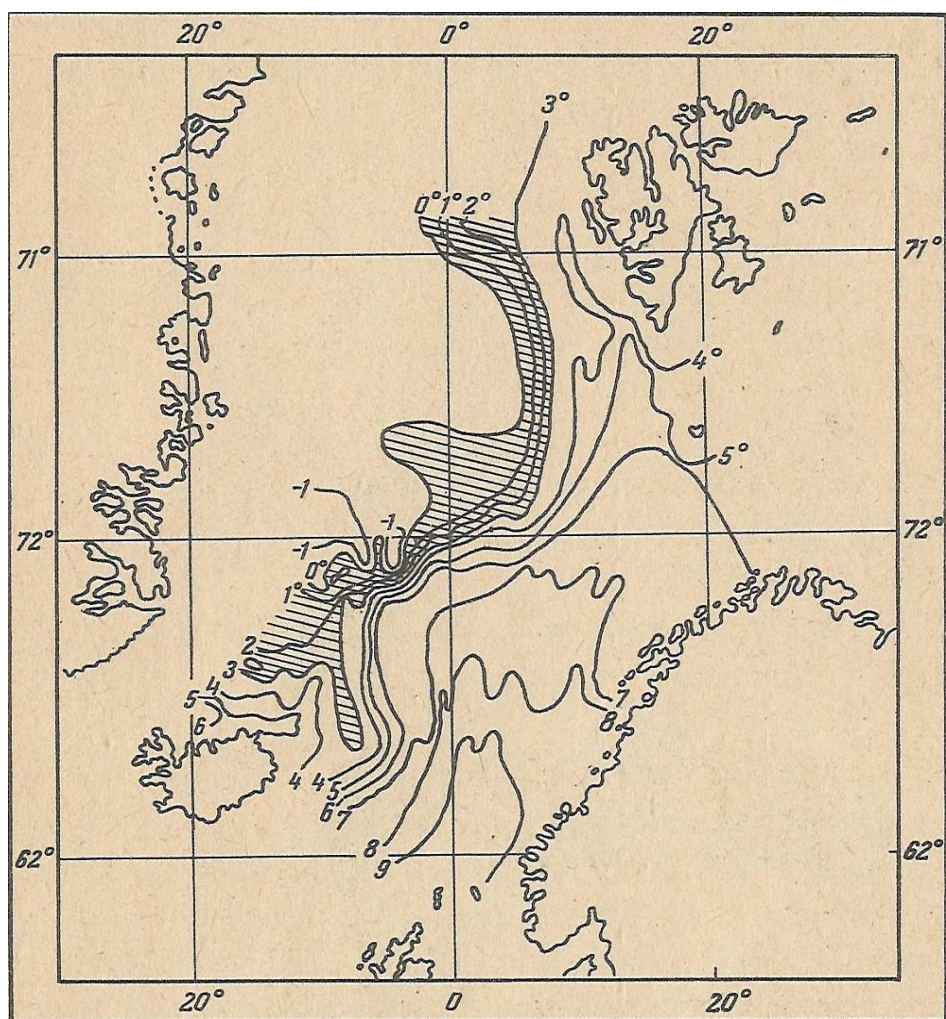


Рисунок 1.14 - Расположение полярного фронта в Норвежском и Гренландском морях. Изотермами показано распределение температуры воды на горизонте 25 м.

На рисунке 1.14 заштрихована акватория, в пределах которой, по многолетним данным, расположена зона полярного фронта. Границы этой акватории проведены по среднему многолетнему распределению наибольших горизонтальных градиентов: температуры и солёности воды.

Динамика вод в зонах полярного фронта отличается чрезвычайной сложностью, наличием многочисленных, изменяющихся во времени и пространстве завихрений, сложной переслоённостью вод с различной температурой и солёностью и т.д. Сами зоны смещаются по сезонам и даже в течение суток.

В рассматриваемом районе выделяется три главных квазистационарных фронта:

- 1) полярный фронт, расположенный в Норвежском и Гренландском морях, в районе острова Медвежий и острова Западный Шпицберген, а также вдоль юго-восточной и юго-западной частей побережья Гренландии;
- 2) полярный фронт в северо-западной части Атлантического океана вдоль побережья Лабрадора, Ньюфаундленда и Новой Шотландии;
- 3) субполярный фронт, протянувшийся от восточного побережья США к Исландии и Фарерским островам [4].

Кроме квазистационарных фронтов определенное значение в создании зон повышенной биопродуктивности играют мезомасштабные фронты или фронты синоптического характера при вихреобразовании. Подобные образования вихрей наблюдаются в районе Фареро-Исландского порога и Британских островов. В Северной Атлантике, в Норвежском и Гренландском морях, а также в западной части Баренцева моря выделяются следующие районы с однотипной структурой воды:

- 1 район – зона распространения лабradorской водной массы;
- 2 район – североатлантическая водная масса, здесь же выделяются восточно-исландские воды;
- 3 район – переходная зона, где проходит горизонтальная трансформация вод Гольфстрима и Лабрадорского течения;
- 4 район – Норвежский, верхний слой этой структуры образован водами Норвежского и Западно-Шпицбергенского течений. Эта водная масса подстигается глубинной и донной водами, формирующимися в пределах бассейна;
- 5 и 6 районы – восточно-гренландский и центральный соответственно, они также заняты глубинной и донной водами, формирующимися в бассейне;
- 7 район – нордкапский, занят атлантическими водами от поверхности до дна;

8 район – центральный поверхностный слой занят поверхностными арктическими водами, которые подстилаются баренцевоморскими водами, трансформированными в течение зимнего периода атлантическими водами; район расположен к западу от Новой Земли (рисунок 1.5) [10].

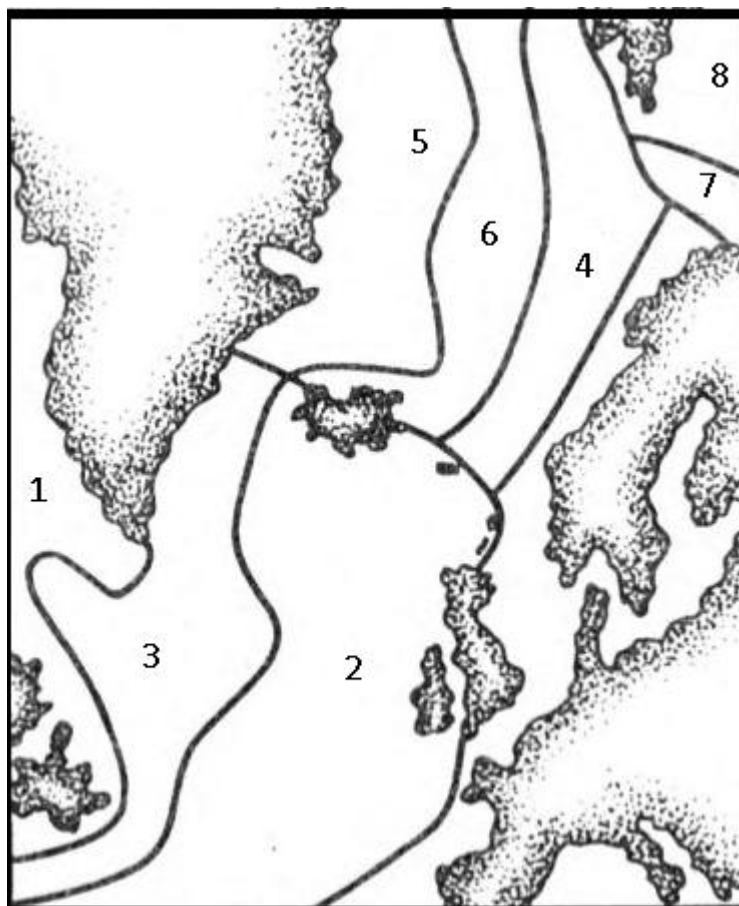


Рисунок 1.5 - Районирование северо-европейского бассейна в зависимости от структуры водных масс (цифрами обозначены номера районов).

Вдоль Скандинавии, в Норвежском море, можно выделить еще один Район - прибрежный. Здесь воды атлантического происхождения перекрываются летом более прогретыми водами Северного моря, иногда их называют балтийскими водами, распресненными речным стоком. К зиме под влиянием осенней конвергенции и вследствие уменьшения материкового стока эти воды практически исчезают, сохраняясь узкой полосой лишь у самого побережья. Границы вышеупомянутых районов испытывают значительные

сезонные смещения. В северной части этой зоны формируются субарктические поверхностные воды, располагающиеся над глубинной или, вследствие конвективного перемешивания, непосредственно над придонной водной массой. В последнем случае значительное влияние оказывают атлантические воды. Такая большая разница в изменчивости границ водных масс приводит к существенным различиям в рассредоточении планктонных сообществ и рыб данного региона.

В районе обитания сельди устойчивые зоны полярного фронта в течение всего года находятся в юго-западной части Норвежского моря, на границе Атлантического и Восточно-Исландского течений, над подводным порогом Мона, от острова Ян-Майен до банки "600", где соприкасаются воды Норвежского течения и Ян-Майенской ветви холодного Восточно-Гренландского течения; в районе острова Медвежьего и острова Западный Шпицберген на стыке атлантических вод Восточной ветви Норвежского течения и баренцевоморских вод. Условия, похожие на полярный фронт, возникают в зимне-весенний период вдоль западной Скандинавии при взаимодействии атлантических и балтийских вод. Фронтальные зоны имеют большое значение для откорма атлантической сельди, в частности вследствие особенностей теплового режима вод этой зоны, способствующих массовому развитию планктона.

В связи с тем, что предметом исследования промысловой океанологии являются не только непосредственно объекты промысла, но и среда их обитания, на вооружении промысловой океанологии стоят методы, используемые многими науками, которые занимаются изучением Мирового океана. Из числа главнейших методов, используемых промысловой океанологией, в первую очередь необходимо отметить гидрологические (на чрезвычайную важность которых обратил внимание еще Н.М. Книпович), гидрохимические, гидроакустические, геолого-геоморфологические и биологические. Последние включают изучение размерного состава объектов промысла, их биологического состояния, соотношение полов, сроки и

продолжительность нереста и нагула, особенности питания, поведения, пути миграции и т.п. Помимо этого, успешный лов рыбы и нерыбных объектов невозможен без знания метеорологических условий того или иного района. Синоптическая обстановка оказывает заметное влияние как на поведение рыб, так и на распределение гидрологических параметров, гидродинамическую обстановку той или иной акватории. Таким образом, промыслово-океанологические исследования должны обеспечиваться надежными метеоданными [10].

1.3 Описание прогностических методик

Оценка общего допустимого улова предусматривает решение двух отдельных задач: оценку биомассы запаса и обоснование величины управляющего воздействия на запас. Обоснование стратегии и тактики рациональной эксплуатации промыслового запаса является важнейшей задачей рыбохозяйственной науки. В рамках этой задачи ведутся специализированные исследования, сбор и первичная обработка биопромысловых данных, осуществляется оценка состояния запасов, тенденций их изменений и, как итог всей предварительной работы, прогнозируется допустимое промысловое изъятие. Условно методы двух направлений можно подразделить на эмпирические (все методы прямого учета численности и оценки запасов) и аналитические (все математические модели оценки численности и регулирования промысла). Последнюю группу методов также называют формальными или стандартизированными.

Однако ни одну из существующих моделей нельзя признать полностью адекватной моделируемому объекту, поэтому и результаты, полученные на их основе, нуждаются в последующей постоянной корректировке. В общих чертах к прямым методам относятся траловые, эхометрические или гидроакустические, аэровизуальные съемки и съемки с подводных аппаратов, подсчет нерестового запаса по количеству отложенной икры и другие методы

прямого учета.

Все прямые методы в определенной степени требуют каких-либо допущений и параметров при оценках запасов. Косвенные методы основаны на данных о запасах, полученных по различным математическим моделям с учетом промысловых уловов и популяционных параметров исследуемых биообъектов. Из косвенных методов чаще всего используется метод виртуально-популяционного анализа, теоретические основы применения которого были сформулированы еще в середине 1960-х годов в работах Г.Л. Мэрфи, И.А. Галланда и Ф.А. Шумахера. Позднее вышел ряд методических рекомендаций по его практическому применению, в частности, В.К. Бабаяна. Выбор модели определяется спецификой промыслового вида, наличием и качеством исходной информации. При оценках запасов, общего допустимого улова и возможного вылова широко используется промысловая статистика. На основе всего комплекса информации, собранной в результате проводимых исследований, и осуществляется прогнозирование запасов, общего допустимого улова и возможного вылова. При прогнозировании для различных промысловых объектов, исследователями используются наиболее приемлемые для данного вида методики. Это обусловлено объемом прогностической информации, либо отсутствием официальной промысловой статистики, реально отражающей состояние промысла, и недостатком собственных данных [12,13].

Ранее, в связи с интенсификацией промысла, много внимания уделялось изучению численности и величины стада сельди. Многие десятки тысяч рыб были помечены небольшими стальными пластинками, которые с помощью пружинных пистолетов загонялись в полость тела. Такой способ пометки сельди переносят вполне удовлетворительно.

Обнаружение меток среди пойманных рыб делалось с помощью специальных электромагнитов, которые извлекали метки из рыбной муки, приготовленной из сельди. Запас определялся по формуле, согласно которой общее количество помеченных рыб относится к вторично-пойманым, как

запас к улову. Этим методом оценивали запасы норвежские ихтиологи.

Советскими учеными был применен метод определения объема скоплений сельди на местах зимовки с помощью гидроакустических приборов и определения плотности скоплений путем подводного фотографирования. Оба метода дали сходные результаты. Запас атлантическо-скандинавской сельди в период наилучшего пополнения достигал 12,0-12,5 млн.т.

1.4 Вывод по главе 1

Анализ промысловых биологических данных о состоянии сельди в Мировом океане позволяет сделать определенные выводы.

Сельдь представляет собой один из крупных по биомассе отрядов промысловых рыб. Однако они остро реагируют как на изменение условий внешней среды, так и на пресс промысла. Под влиянием неконтролируемого вылова биомасса и запасы даже массовых видов могут меняться в короткий срок на порядок и более. В настоящее время, в связи успешным регулированием добычи атлантической сельди, ежегодный улов этого ценного промыслового объекта колеблется в пределах 1500-2000 тыс. т, при этом, как и раньше, в 50-е - 60-е годы, ведущая роль в вылове принадлежит норвежской весенне-нерестующейся сельди.

По мере совершенствования техники возросли и объемы улова рыбы. Свою роль здесь сыграло внедрение дизельных двигателей, холодильных установок, консервирования и других достижений техники. Средне и крупнотоннажные дизельные сейнеры, траулеры бортового и кормового траления. Большие морозильные рыболовные траулеры различных модификаций. Совершенствуя орудия лова, промысловый флот, брал на вооружение ставные невода, многокилометровые дрифтерные сети и ярусы, высокостенные кошельковые невода и тралы. Лов рыбы, начавшийся в стародавние времена в прибрежной зоне, по мере развития техники смещался

в сторону открытого океана, все дальше и дальше от берега, береговых рыбодобывающих баз, потребителя.

Само собой разумеется, что достичь такого высокого уровня добычи рыбы невозможно без знания основных закономерностей распределения зон повышенной и высокой биологической продуктивности в Мировом океане. Кроме того, без знания закономерностей изменения внешней среды и влияния этих изменений на промысловые организмы в современных условиях невозможен рентабельный лов рыбы. Именно выявление подобных закономерностей и их влияние на промысел, проведение комплексных океанологических и биологических исследований является основной задачей обеспечить океанологическими данными современный промысел гидробионтов.

В настоящее время нет четкости в определении заблаговременности промысловых прогнозов рыб, как нет и единой классификации прогнозов. Современная промысловая деятельность позволяет выделить несколько видов промысловых прогнозов.

Долгосрочные прогнозы на срок от года до нескольких лет. Основой этих тактических прогнозов является динамика численности и урожайности поколений, а главные параметры, используемые при разработке - биологические характеристики и промысловая статистика.

Сезонные прогнозы на срок от месяца до года. Основываются на экологических закономерностях вида, изучении его сезонных миграций и распределения, положения зон высокой продуктивности.

Краткосрочные (оперативные) прогнозы. Составляются с заблаговременностью от суток до месяца. Основываются в основном на практической работе рыболовецких судов. Туда где есть успешные выловы оперативно направляется флот на промысел.

ГЛАВА 2.

2.1 Методы исследований и расчетов

Описание использованных в работе методов обработки исходных временных серий необходимо не только для того, чтобы непосредственно представить эти методы. Это необходимо еще и для создания некоторого образа последующих исследований. Методологическая платформа является как бы скелетом, на который последовательно, шаг за шагом, постепенно усложняясь, будут нанизываться результаты расчетов, их анализ и выводы. В рамках работы предполагается использование следующих методов и подходов:

1. Расчет первичных статистических моментов;
2. Расчет автокорреляционной функции и функции спектральной плотности;
3. Оценка перспектив использования полученных результатов для выполнения экстраполяции статистико-вероятностными методами;
4. Методическое прогнозирование выбранного параметра.

2.2. Первичная статистика

Расчет первичных статистических моментов необходим для того, чтобы составить общее представление об исследуемом процессе. В данной работе использовались следующие статистики [14,17]:

среднее	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	(2.1)
---------	--	-------

амплитуда колебаний	$A = X_{\max} - X_{\min}$	(2.2)
---------------------	---------------------------	-------

дисперсия	$D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$	(2.3)
-----------	--	-------

среднеквадратическое отклонение	$\sigma = \sqrt{D}$	(2.4)
---------------------------------	---------------------	-------

коэффициент асимметрии

$$A_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n\sigma^3} \quad (2.5)$$

коэффициент эксцесса

$$E_x = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 - 3}{n\sigma^4} \quad (2.6)$$

Результаты расчета первичных статистических моментов, как правило, представляются в табличном виде.

Анализ эмпирических гистограмм проводится с целью определения характеристик интенсивности процесса или явления и повторяемости его характерных и экстремальных значений. Кроме того, определение вероятности перехода от одного характерного состояния к другому, позволяет, в первом приближении, судить о возможных тенденциях протекания процесса.

Гистограмма строится при использовании следующих соотношений:

количество интервалов:

$$K_{\text{инт.}} = 5 \lg N \quad (2.7)$$

размер интервала:

$$R_i = (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}) / K_{\text{инт.}} \quad (2.8)$$

Далее подсчитывается количество значений попадающих в определенный интервал и проводится анализ результатов [14,17,19].

2.3. Функция спектральной плотности и автокорреляционная функция

Понятие спектра нашло широкое применение в различных областях науки. В гидрометеорологии это понятие используется для определения скрытых периодичностей во внутренней структуре исходного ряда, для исследования закономерностей его частотной структуры, при моделировании и прогнозе квазистационарных процессов. Практически все процессы в океанологии можно представить как сумму детерминированной и стохастической составляющих. Причем под детерминированной составляющей можно понимать периодическую функцию времени, которая не несет элемента случайности.

Параметрами циклических функций принято считать:

1. Период (τ),
2. Частоту (линейную ($f=1/\tau$) или циклическую ($\omega=2\pi/\tau$)),
3. Амплитуду (размах колебаний ($\dot{A}$))
4. Фазовый угол (сдвиг по времени относительно начала отсчета (φ)).

Для удобства выделения циклических компонент исходный временной ряд преобразуют (сжимают), переходя из шкалы времени (t) и абсолютной величины (например $T_{w^{\circ}C}$) к шкале частот (периодов) и амплитуд (дисперсий). Подобное преобразование позволяет получить функцию, которая характеризует распределение дисперсий исходного ряда по частотам (периодам). Эта функция и носит название спектральной плотности [16,18,19]. Спектральные оценки рассчитываются по автокорреляционной функции (АКФ) обратным преобразованием Фурье (алгоритм быстрого преобразования Фурье) или на основе регрессионных оценок [14,17].

$$S(f) = 2/m \left\{ R_0 + 2 \sum_{i=1}^m R_i * \cos(2\pi f_i / f_h) + R_m * \cos(2\pi f_i / f_h) \right\} \quad (2.9)$$

где:

$f=1/\tau$ - частота;

$F_h=1/2\Delta t$ - частота Найквиста;

R_0, R_i, R_m - оценки автокорреляционной функции

Оценки автокорреляционной функции проводились по формуле:

$$R_i = \frac{1}{\sigma_X^2(N-M) \sum_{j=1}^{N-M} (X_j - \bar{X}) * (X_{i+j} - \bar{X})}; \quad i=0, \dots, M \quad (2.10)$$

Для снижения влияния ограниченности длины исходной выборки и максимального сдвига автокорреляционной функции на результирующую оценку спектральной плотности используют специальную функцию называемую "спектральное окно". Эта функция способствует удалению из

АКФ мелких флуктуаций обусловленных влиянием ограниченности исходного ряда. Конкретный вид спектрального окна задается по-разному:

$$\text{окно Хемминга: } H_i = \begin{cases} 0.54 + 0.46 \cos(\pi i / \tau_0) & i \leq \tau_0 \\ 0 & i > \tau_0 \end{cases} \quad (2.11)$$

$$\text{окно Парзена: } H_i = \begin{cases} 1 - 6\tau^2 / \tau_0 (1 - i/\tau)^2 & i \leq \tau_0 \\ 0 & i > \tau_0 \end{cases} \quad (2.12)$$

Характерной особенностью практически всех спектральных окон и частотно-весовых функций [14,16,17] является то, что они производят сглаживание АКФ-оценок (окно Хемминга может даже приводить к появлению отрицательных ординат спектра) и, следовательно, искажают оценки спектральной плотности. Однако, с этим приходится мириться, т.к. истинные оценки спектра, как правило, неизвестны и определить возможные погрешности очень трудно. Для оценки достоверности (значимости) полученных результатов, рассчитываются доверительные интервалы и спектр красного шума.

Верхний и нижний доверительные интервалы, соответственно рассчитываются по соотношениям:

$$S_0(f) - \frac{x^2}{v} < S(f) < S_0(f) + \frac{x^2}{v}. \quad (2.13)$$

$$\text{где: } S_0(f) = \sum_{f=0.01}^{2\pi} S_0(f) / N; \quad v = \frac{2N - m / 2}{m}.$$

Спектр красного шума рассчитывается по формуле:

$$S(f)_{\text{к.ш.}} = \frac{1 - R_1^2}{1 + R_1^2 - 2R_1 \cos(2\pi f)} \quad (2.14)$$

Таким образом, физический смысл функции спектральной плотности состоит в том, что она означает (описывает) плотность дисперсии случайной квазистационарной функции на данной частоте.

2.4. Статистико-вероятностные методы экстраполяции временных рядов

Экстраполяция гидрометеорологических и биолого-промысловых характеристик достаточно трудная задача. Во-первых, из-за того, что процессы происходящие в океане и атмосфере сами по себе очень сложны, как по своей структуре, так и по характеру взаимодействия между собой, и, во-вторых, из-за недостатка научно обоснованных знаний позволяющих адекватно описывать эти процессы. Кроме того, взаимодействие между фундаментальной теорией и результатами математического описания реальных данных (в аналитических и прогностических целях) остается крайне сложным. Исследования последних лет [14,18] показали, что природным процессам свойственны неоднородность и нестационарность в изменчивости, что не позволяет рассматривать их как хорошо организованную поддающуюся строгому описанию систему. Это создает определенные предпосылки к тому, что развитие прикладных методов статистического анализа и экстраполяции очень тесно связано с расширяющимися представлениями о природных явлениях и процессах. Многообразие факторов влияющих на временную изменчивость различных характеристик, не позволяет четко и однозначно формализовать причинно-следственные зависимости. Таким образом, статистико-вероятностные методы анализа и прогноза находят все более широкое применение, особенно на начальном этапе исследования прогнозируемого процесса [16,18].

Следующим положительным моментом статистико-вероятностного подхода к проблеме прогнозирования, следует считать открывающуюся возможность "стандартизовать" процесс прогнозирования и ослабить загромождение науки интуитивными решениями практически не поддающимися теоретическому осмыслению. В качестве примера можно привести прогностические схемы для одних и тех же регионов, обладающих одинаковой или почти одинаковой оправдываемостью. Такие схемы эффективны только для экстраполяции тех типов процессов и для тех

пространственно-временных связей, на которые они настроены. При смене тенденции течения процесса или полной его перестройке схема, как правило, "разваливается" и для восстановления ее работоспособности требуются определенные усилия, а главное время. Определенные сложности возникают и в плане интерпретации результатов. Таким образом, применение комплекса статистико-вероятностных методов, каждый из которых хорошо описывает "свои" типы процессов, может стать хорошим базовым инструментом для специалистов в области оперативного прогнозирования [16,18].

Практически любая прогностическая схема - это некая модель развития исследуемого процесса. Причем зачастую не так уж и важно, глубоко физична или математически формальна эта модель. Основным критерий качества любой модели - адекватность описания фактических данных. В этой связи предпосылки для использования моделей основанных на учете закономерностей во внутренней структуре исследуемого процесса следующие:

1. Модели используют единственный входной сигнал - сам исследуемый процесс;
2. Алгоритмы расчетов хорошо поддаются автоматизации;
3. Расчеты не требуют мощных вычислительных ресурсов и сложной аппаратуры;
4. Результаты расчетов достаточно просты в интерпретации и наглядны.

Таким образом, основная задача сводится по существу к объединению наиболее широко известных, на настоящее время, прогностических моделей основанных на статистико-вероятностных методах, в единый программный комплекс. Прогностическое направление в современной науке развито неизмеримо слабее, чем аналитическое и диагностическое. Частично это связано с тем, что большинство теорий являются полуэмпирическими. При прогнозировании приходится учитывать влияние параметров и явлений, от которых теория, как правило, абстрагируется. Это требует постоянного возвращения от прогноза к диагнозу и анализу исходных данных. Таким

образом, теория может одновременно хорошо описывать, удовлетворительно объяснять и плохо предсказывать [14,16]. Совершенствование моделей связано с совершенствованием теорий, их уточнением и наоборот. Отсюда следует, что для реализации такого подхода необходимо учитывать основные методологические принципы построения моделей:

1. принцип системности;
2. согласованность модели со структурой исходных данных;
3. полнота, адаптивность и эволюционность модели;
4. простота модели.

В результате, общая логическая последовательность операций разработки прогностической модели сводится к принципу проведения научных исследований о единстве описания (анализ), объяснения (диагноз) и предсказания (прогноз), как основных этапов проведения исследования. Очевидно, что именно с этих позиций следует подходить к проблеме экстраполяции различных характеристик, в том числе и промыслово-биологического характера.

При реализации моделирования внутренней структуры рядов использовались методы, каждый из которых обладал бы свойством настройки на "свою" структуру развития процесса. В настоящее время таких моделей разработано предостаточно. Однако, моделей, действительно существенно отличающихся по типу воспроизводимых ими процессов, не так много. К ним можно отнести следующие методы:

1. Климатический;
2. Инерционный;
3. Байесовский;
4. Динамико-статистический;
5. Авторегрессионные;
6. Фурье;
7. Средняя комплексация;
8. Регрессионная комплексация.

Блок-схема расчетов представлена на рисунке 2.1.

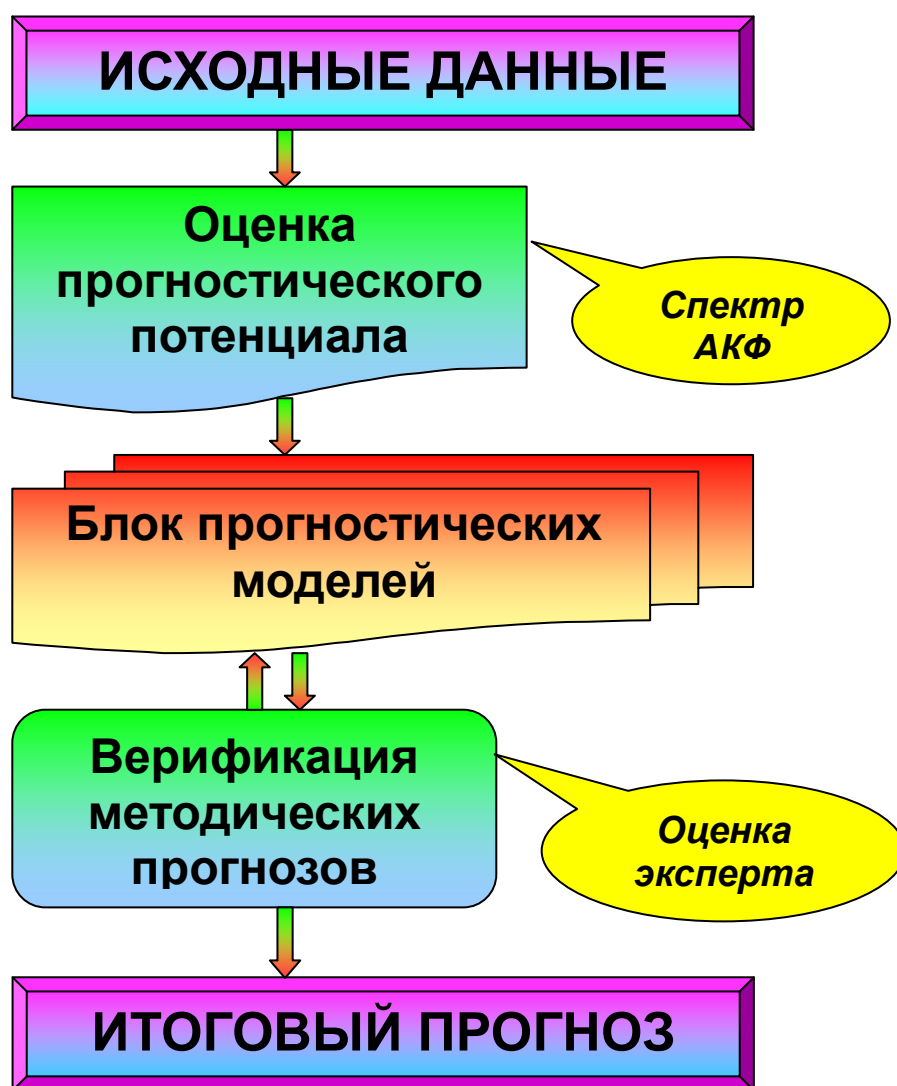


Рисунок 2.1. Блок-схема статистико-вероятностного прогнозирования

Все перечисленные методы, достаточно просты в реализации, обладают свойством настройки и самообучения. Кроме того, используя модульную структуру, в данный блок можно будет либо добавлять новые модели, либо модернизировать уже существующие (таблица 2.1) [16].

Таблица 2.1 – Соотношения, используемые в статистико-вероятностных методах экстраполяции

Название метода	Формула
Климатический	$X_i = \bar{X}$
Инерционный	$X_i = X_{i-1}$
Байесовский	$X_i = P_{\max} \bullet X_{i-1}$
Динамико-статистический	$X_i = \sum_{n=1}^K A_n \bullet X_{i-n}$
Динамико-стохастический	$X_i = A_1(I) \bullet X_{i-1}$
Авторегрессия-1-го порядка	$X_i = A_{11} \bullet X_{i-1}$
Авторегрессия-2-го порядка	$X_i = A_{21} \bullet X_{i-1} + A_{22} \bullet X_{i-2}$
Авторегрессия-3-го порядка	$X_i = A_{31} \bullet X_{i-1} + A_{32} \bullet X_{i-2} + A_{33} \bullet X_{i-3}$
Фурье	$X_i = \sum_{j=1}^N (A_j \bullet \cos(j\omega t) + B_j \bullet \sin(j\omega t))$
Средняя комплексация	$X_i = 1/m \sum_{j=1}^M X_j$
Регрессионная комплексация	$X_i = 1/m \sum_{j=1}^M B_j \bullet X_j$

Итоговое прогностическое значение получается после проверки качества работы каждой статистико-вероятностной модели. Для этой цели в исходной выборке необходимо выбрать участок (так называемый "методический") на котором и определяется устойчивость работы методов, оправдываемость прогнозов, области максимальных и минимальных ошибок и т.д.

На основе этих оценок формируется итоговое прогностическое значение и рекомендации к его использованию. Применяются следующие критерии проверки надежности метода и выбора лучшего из них:

1. средняя и максимальная ошибка метода;
2. дисперсия ошибки методических прогнозов;
3. оценка оправдываемости моделей по знаку;
4. оценка оправдываемости по критериям 0.67σ и 0.8σ ;
5. оценка надежности модели;
6. оценка предельной заблаговременности прогноза.

Соотношения, используемые при верификации методических прогнозов представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Соотношения, используемые при верификации методических прогнозов

Название соотношения	Формула
Средняя ошибка прогноза	$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$
Дисперсия ошибки прогноза	$\sigma_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$
Оправдываемость прогнозов по знаку	$P = n_+ / (n_+ + n_-) * 100$
Оправдываемость по критерию 0.67σ	$P = n_{0.67\sigma} / N * 100$
Оправдываемость по критерию 0.8σ	$P = n_{0.8\sigma} / N * 100$
Оценка надежности модели	$P = \sigma_y / \sigma_x$
Оценка предельной заблаговременности	$L = \ln[1 - \sigma_y(l)] / 2 \ln r$

Проведя подобную верификацию на методическом участке ряда, отбирается итоговое прогностическое значение. В данной работе право экспертного выбора итогового значения предоставлялось ПЭВМ.

Для определения возможности углубленного анализа внутренней структуры анализируемых выборок использовалась полосовая тангенсная фильтрация Баттерворта. Алгоритм расчетов представлен на рисунке 2.2.

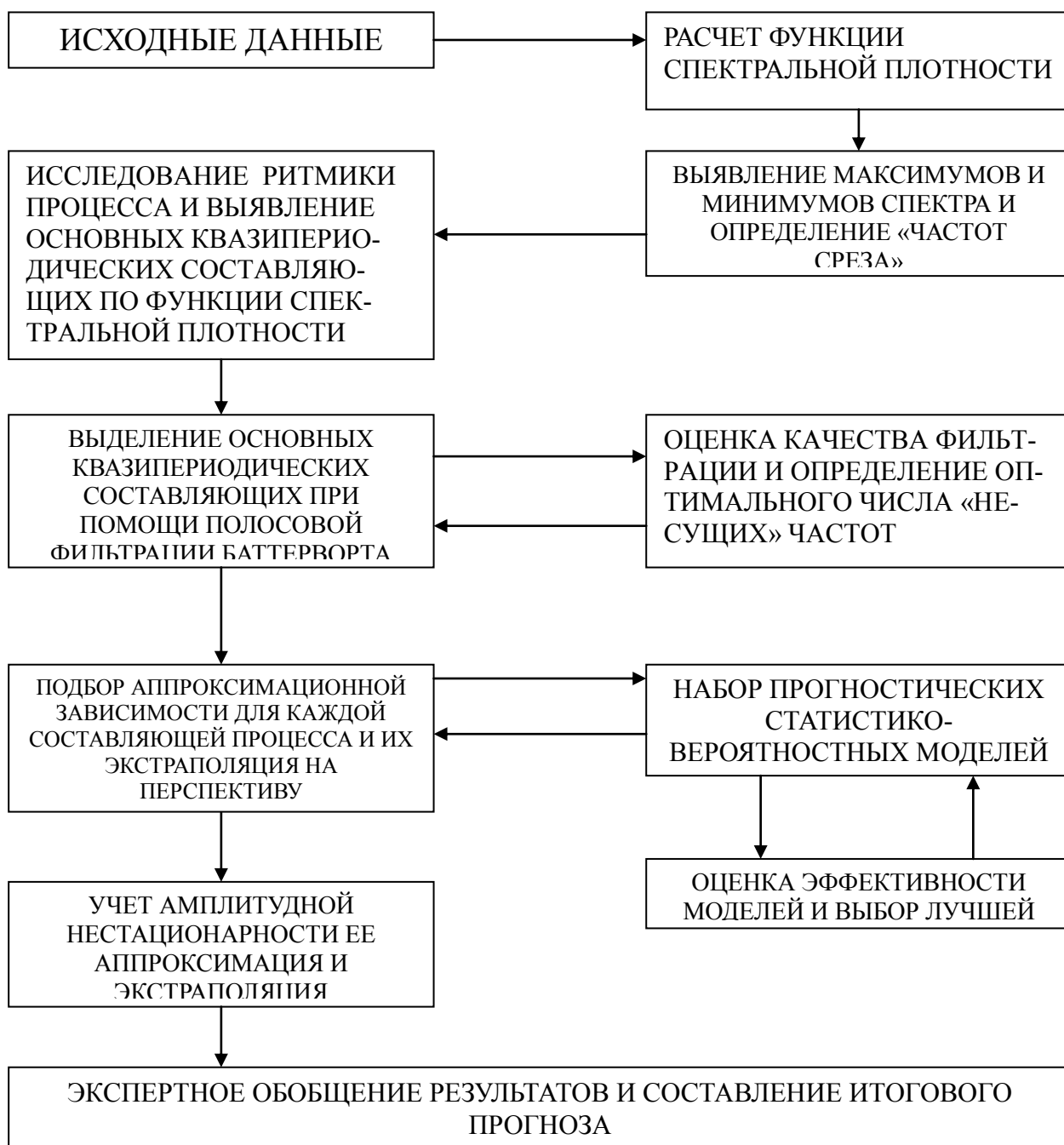


Рисунок 2.2 - Блок-схема статистико-вероятностного прогнозирования с использованием полосовой фильтрации

От приведенного выше алгоритма приведенная схема отличается наличием раздела, где проводится полосовая фильтрация и статистико-вероятностные модели применяются для аппроксимации и экстраполяции отдельных квазипериодических компонент, с последующим суммированием результатов.

Экстраполяция и процедура фильтрации выполнялись при помощи системы статистико-вероятностного прогнозирования “АСАПЛЮС” и пакета программ «ПРИЗМА» разработанных в НВП “Система-А”.

2.5. Выводы

Таким образом, для проведения обработки исходной информации от момента получения временных рядов до момента выдачи прогностических рекомендаций необходимо сделать следующие шаги.

1. Рассчитать первичные статистические моменты по всем временным сериям исследуемым характеристик.
2. Определить прогностический потенциал путем расчета функции спектральной плотности.
3. Провести аппроксимацию и экстраполяцию временной изменчивости выбранной характеристики статистико-вероятностными моделями.
4. Выделить отдельные квазипериодические компоненты и оценить их вклад в общую дисперсию исследуемого параметра.
5. Провести аппроксимацию статистико-вероятностными моделями.
6. Оценить качество работы моделей и выбрать лучшую.
7. Определить возможность использования статистико-вероятностных моделей для прогноза биолого-промысловых объектов на примере атлантически-скандинавской сельди.

Глава 3

3.1 Определение возможности использования статистических методов для прогноза биолого-промысловых объектов на примере атлантической-скандинавской сельди.

В данной работе использован составной ряд. Это исходные данные временных рядов А. И. Крысова по вылову норвежской сельди всеми странами в тыс. тонн с 1900 по 1969 гг. и данные продовольственной и сельскохозяйственной организация ООН (FAO), региональные статистические данные по рыболовству (FishStatJ) с 1969 по 2013 гг. по вылову сельди странами Норвегии, Исландии, Дании в тыс. тонн (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Составной ряд по вылову сельди

год	Тонны	год	Тонны	год	Тонны	год	Тонны	год	Тонны
1900	119	1923	302	1946	462	1969	552	1992	506
1901	103	1924	274	1947	583	1970	590	1993	638
1902	110	1925	326	1948	925	1971	630	1994	878
1903	171	1926	384	1949	716	1972	555	1995	1162
1904	107	1927	436	1950	969	1973	572	1996	1181
1905	130	1928	445	1951	1326	1974	293	1997	1339
1906	143	1929	571	1952	1270	1975	290	1998	1249
1907	212	1930	642	1953	1143	1976	173	1999	1265
1908	190	1931	459	1954	1661	1977	142	2000	1241
1909	163	1932	580	1955	1354	1978	123	2001	901
1910	257	1933	271	1956	1682	1979	121	2002	910
1911	277	1934	372	1957	1305	1980	132	2003	927
1912	255	1935	596	1958	941	1981	152	2004	977
1913	288	1936	661	1959	1059	1982	177	2005	1177
1914	302	1937	496	1960	1050	1983	299	2006	1141
1915	260	1938	655	1961	895	1984	331	2007	1325
1916	376	1939	572	1962	1055	1985	424	2008	1504
1917	363	1940	755	1963	1160	1986	546	2009	1500
1918	448	1941	524	1964	1614	1987	578	2010	1255
1919	486	1942	465	1965	2283	1988	615	2011	917
1920	302	1943	394	1966	2578	1989	542	2012	851
1921	249	1944	388	1967	1954	1990	434	2013	805
1922	325	1945	519	1968	744	1991	424		

Поскольку ряд А. И. Крысова составляет всего 98 лет, то для его продолжения нами были использованы данные с (FishStatJ) по вылову сельди странами Норвегии, Исландии, Дании, которые лучше всего подходили по среднему значению и дисперсии (таблица 3.2)

Таблица 3.2 - Среднее значение и дисперсия (ряд А.И. Крысова и ряд по суммарным выловам сельди странами Норвегия, Дания, Исландия)

Ряд	с 1950 по 1999		с 1950 по 1969	
	среднее	дисперсия	среднее	дисперсия
А.И. Крысова	674	503974,06	1371	236009,784
Норв.Исл.Дан.	872	322274,43	1428	139462,497

Динамика по выловам сельди наглядно представлена на графике (рисунок 3.1).

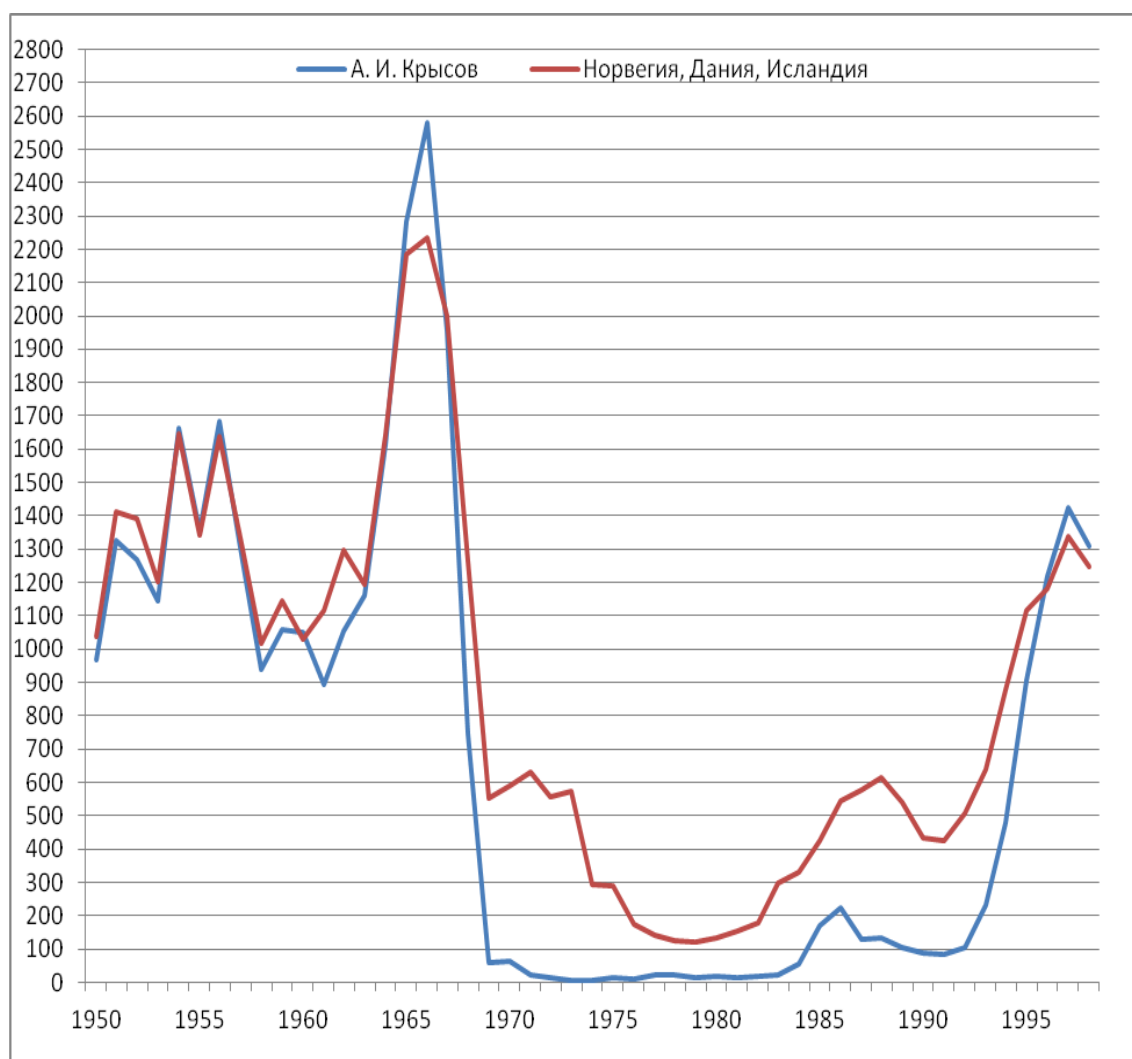


Рисунок 3.1 - Динамика по выловам сельди с 1950 по 1998 гг.

Исследуемая в данной работе многолетняя динамика по выловам сельди за период с 1900 по 2013 гг. представлена в графическом виде (рисунок 3.2).

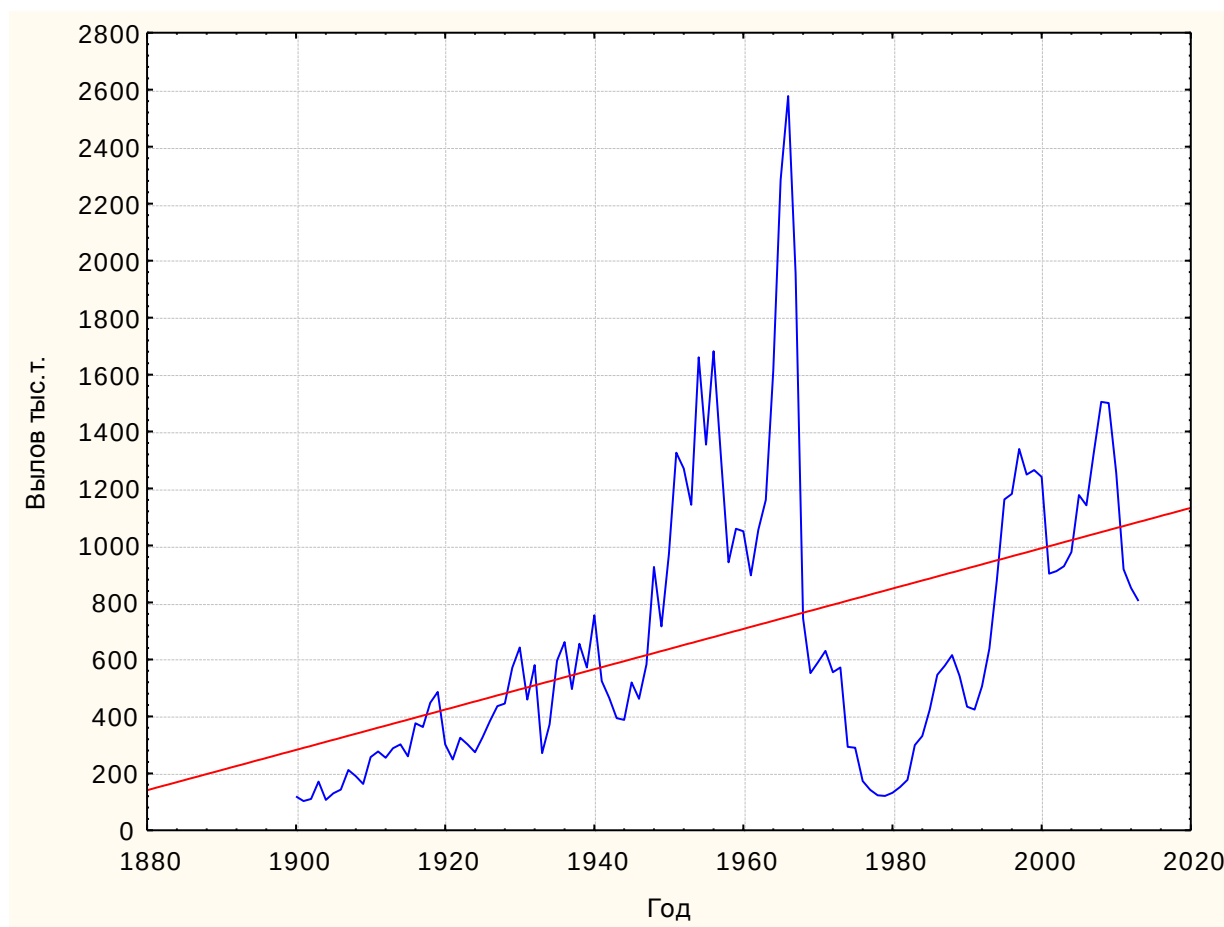


Рисунок 3.2 - Многолетняя динамика по выловам сельди с 1900 по 2013гг.

На графике хорошо видно, что на протяжении многих лет происходит рост по выловам сельди, что собственно подтверждает положительный тренд. Глядя на график можно сделать вполне простые логические выводы:

во-первых, с развитием флота и орудий лова, промысловой разведки, исследований океанов и морей, и конечно же промысловой практики, страны наращивали объёмы выловов атлантической-скандинавской сельди;

во-вторых, биоресурсы океанов не бесконечны и резкий спад по уловам в 70-80 гг. означает, что был перелов сельди, подорвана популяция вида интенсивным рыболовством;

в-третьих, благодаря разумному квотированию по уловам и исследованиям, удалось восстановиться этому виду рыб, а рыбакам продолжить промысел на уровне 1000-1500 тыс. тонн в год.

Расчет первичных статистических моментов приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Расчет первичных статистических моментов

среднее	682,42
дисперсия	239646,02
стандартное отклонение	489,54
коэффициент асимметрии	1,23
коэффициент эксцесса	1,70
мода	302
медиана	553,500
амплитуда колебаний	2475

Среднегодовой вылов за 113 лет, 682 тонн сельди.

Дисперсия показывает, что разброс данных вокруг среднегодового вылова 239646,02.

Среднеквадратическое отклонение также характеризует меру рассеяния данных.

Асимметрия показывает, что основная масса наблюдений (а также медиана) меньше среднего значения.

Коэффициент эксцесса больше нуля значит эмпирическая кривая распределения островершинная.

Мода показывает вылов сельди, встречающийся наиболее часто на протяжении лет.

Медиана близка к среднему значению, следовательно, среднегодовое значение подсчитано верно.

Амплитуда колебаний 2475 тыс. тонн.

Расчёт эмпирической функции распределения среднегодовых значений вылова сельди за период с 1900 по 2013 гг. (рисунок 3.2). Гистограмма

позволяет оценить характер распределения значений в исходном ряду по диапазонам и увидеть количество высоких или низких значений.

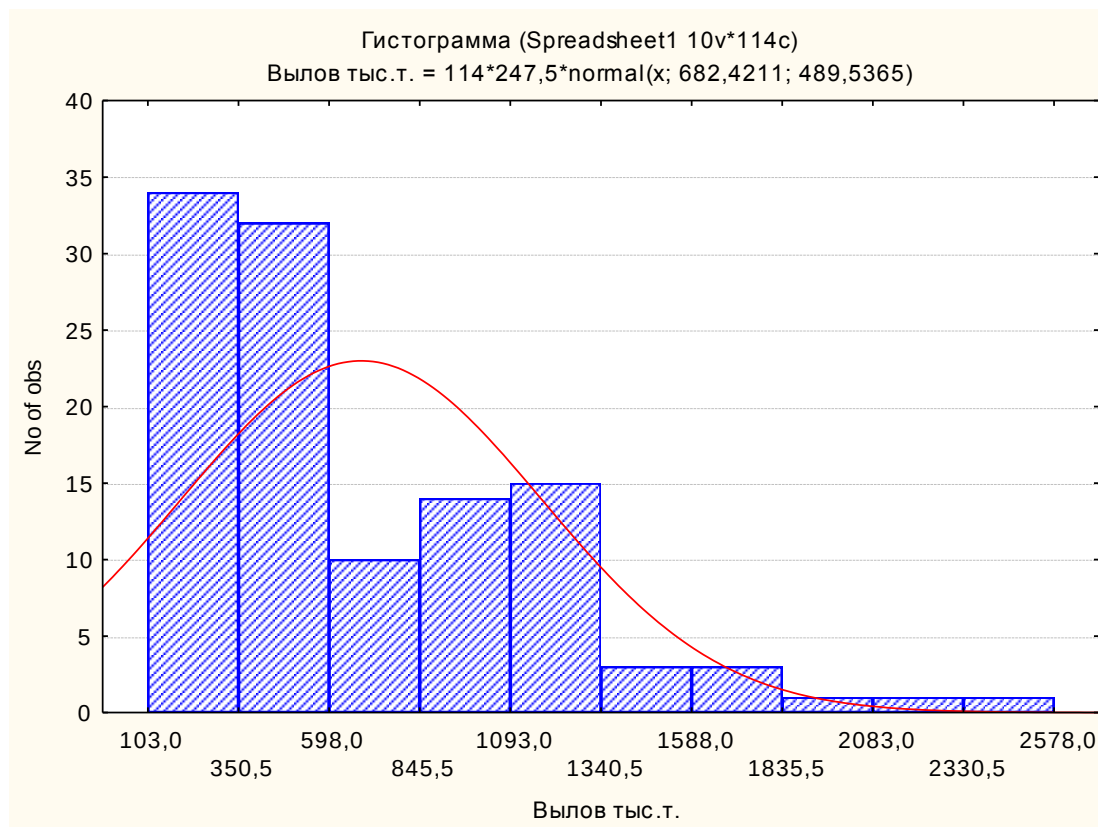


Рисунок 3.2 - Эмпирическая функция и соответствующий ей нормальный закон распределения среднегодовых значений выловов за период с 1900 по 2013 гг.

На графике видно, что основная часть значений находится в левой части, что указывает на положительный тренд. Два пика (моды) указывают на периодичность процесса, и какая величина встречается наиболее часто. Отсюда можно сделать вывод, что чаще выловы не превышали 600 тыс. тонн, вторая мода показывает выловы с частотой около 1300 тыс. тонн.

Для определения закономерностей в межгодовой изменчивости выловов сельди рассчитаем автокорреляционную функцию и функцию спектральной плотности (рисунок 3.3;3.4).

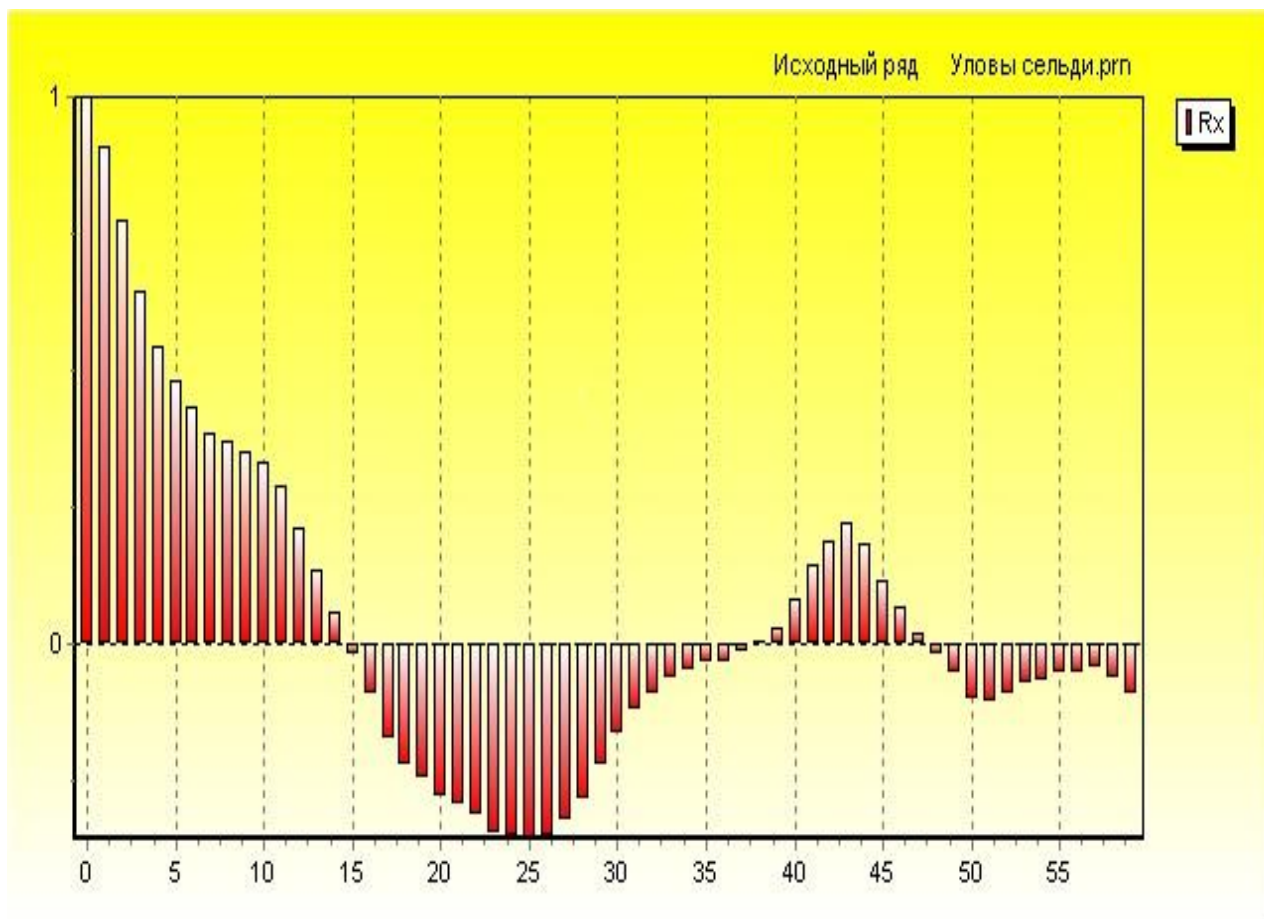


Рисунок 3.3 - Автокорреляционная функция

При анализе АКФ можно сделать выводы об его инерционности и периодичности. В нашем случае процесс малоинерционный и в его структуре хорошо выражен тренд, поскольку он определяется по радиусу корреляции равным 15 годам. Наличие цикличности можно оценить по значениям коэффициентов корреляции, которые отражаются на АКФ в виде повторяющихся локальных максимумов и минимумов. На графике выявляется два локальных экстремума, характеризующих наличие в исследуемом процессе колебаний с периодом в 43 года.

Функция спектральной плотности показывает процесс в низкочастотной части спектра (рисунок 3.4).

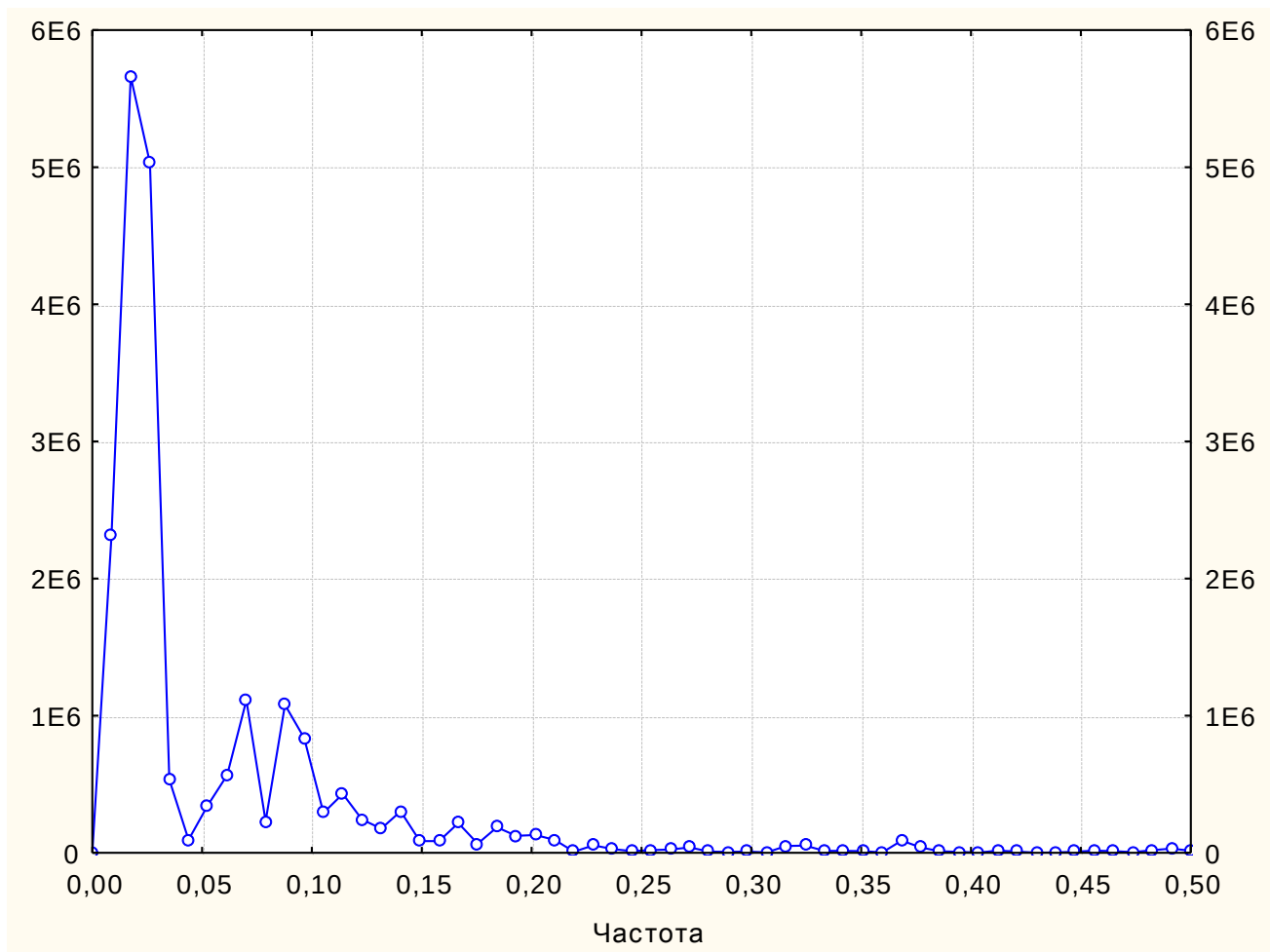


Рисунок 3.4 - СПФ ряда среднегодовых значений вылова за период с 1900 по 2013 гг.

Наличие двух локальных максимумов 17-ти и 11-тилетнего циклов, показывают влияние природных факторов (лунных фаз и солнечной активности) на выловы сельди. Солнечная активность, опосредованно через электромагнитные возмущения, влияет на биологические показатели, связанные с воспроизводством сельди, а также с проблемой рационального изъятия и прогнозированием возможных всплесков численности сельди под воздействием солнечной активности. Раскрытие закономерностей роста численности сельди под влиянием солнечной активности позволит не только подготовиться к лову в урожайный год, но и снизить ОДУ (оптимальный допустимый улов) до необходимого минимума в периоды наибольшего ухудшения количественных показателей у нерестовой части популяции. Лунные фазы также влияют на уловы сельди, поскольку рыбы чувствительны

к данным изменениям, так как это напрямую связано с их активностью. Например, «проловы» сельди рыболовецкими судами связаны с тем, что в связи с активностью, косяк рыбы просто успевает частично выйти из трала. Или косяк рыбы просто не формируется из-за её пассивности, а это затрудняет поиск и не даёт возможности эффективного лова.

Определим возможность использования статистико-вероятностных моделей для прогноза биолого-промысловых объектов на примере атлантической сельди, при помощи системы статистико-вероятностного прогнозирования «АСАППЛЮС» с 2013 по 2030 гг.

Итоговые прогнозы, выполненные по динамико-статистической и регрессионной комплексации представлены графически (рисунок 3.5) и в табличном виде (таблица 3.3).

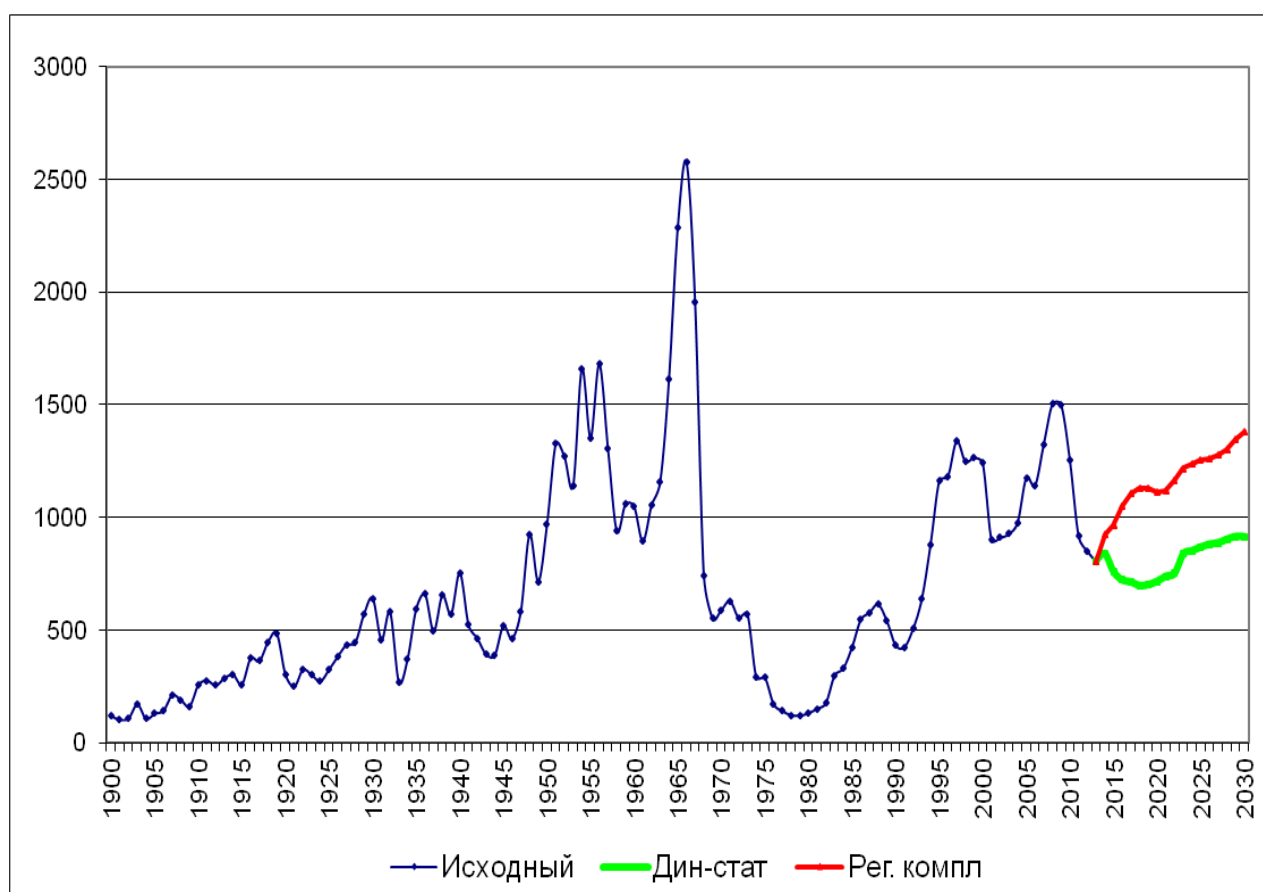


Рисунок 3.5 - Сверхдолгосрочные прогнозы вылова сельди на период до 2030 года.

Таблица 3.3 - Итоговые прогнозы, выполненные по динамико-статистической и регрессионной комплексации

Год	Дин-стат	Рег. Компл.
2013	805	805
2014	837	924
2015	758	965
2016	722	1051
2017	713	1104
2018	697	1129
2019	701	1130
2020	716	1112
2021	738	1115
2022	751	1165
2023	836	1217
2024	850	1239
2025	866	1255
2026	879	1258
2027	885	1277
2028	901	1299
2029	913	1343
2030	912	1377

Оценка оправдываемости статистических методов, на каждом прогностическом шаге, приведена в таблице 3.4.

Таблица 3.4. Пример оправдываемости и надежности статистических методов прогноза вылова Атлантическо-скандинавской сельди.

Эффективность							
Метод	Уровень ошибки	ЗАБЛАГОВРЕМ.	Средн.ошибка	Дисперс.ошибки	Опр. ЗНАК	Опр. 0.67 Сигма	Опр. 0.80 Сигма
Факт	0	3000	0	0	100	100	100
Климат	0.9722	0	-110.5511	177351.6	55.5556	44.4444	47.2222
Инерция	0.0992	29.0002	-18.4167	18091.91	97.2222	94.4444	100
Байес	0.1047	27.3627	27.993	19106.05	97.2222	97.2222	97.2222
Дин-Стат	0.1798	15.2144	21.791	32795.11	100	88.8889	91.6667
Дин-Стох	0.1213	23.3796	-40.8975	22128.22	97.2222	91.6667	100
АР-1	0.0943	30.6049	-27.3485	17198.19	97.2222	97.2222	100
АР-2	0.3323	7.445	-68.1894	60622.77	94.4444	63.8889	83.3333
АР-3	0.1936	14.0057	-49.3127	35319.75	97.2222	86.1111	91.6667
Фурье	0.3984	0	-376.9889	72669.56	58.3333	47.2222	52.7778
Сред.компл.	0.1658	16.6394	-71.3245	30246.98	97.2222	86.1111	88.8889
Регр.компл.	0.0672	43.7713	-3.5305	12254.03	100	97.2222	100

После проверки качества работы по каждой статистико-вероятностной модели, нами были выбраны два метода. Динамико-статистический метод хорошо подходит к структуре ряда, которая выглядит, как случайный процесс. Для потребителя сверхдолгосрочный прогноз этим методом, даст уверенность на многие годы, что такой промысловый объект как атлантическо-скандинавская сельдь, не будет подорван прессом промысла. Метод регрессионной комплексации выбран по причине того, что он учитывает не только случайные, но и детерминированные компоненты структуры ряда. Использование сверхдолгосрочного прогноза этим методом, позволит потребителю повысить квоты на вылов сельди, что в свою очередь повысит экономическую выгоду и не позволит допустить подрыва запаса сельди в результате перелова. Но возможно в ближайшие годы таких уловов может просто не быть при больших объемах промысла и ряда различных факторов, влияющих на урожайные и неурожайные поколения сельди.

Заключение

Сельдь является традиционным продуктом для нашей страны. Потребителям очень важно, чтобы такой привычный и полезный продукт оставался на прилавках магазинов в большом ассортименте и доступности. Для сохранения объемов поставок и качества поставляемого товара на рынок и необходимы современные подходы к изучению абиотических и биотических факторов, влияющих на атлантическую сельдь, а также качественные методы прогнозирования.

Район обитания исследуемого объекта достаточно суров по своим климатическим условиям - это Северная Атлантика и прилегающие моря Северо-Европейского бассейна. Основные нерестилища атлантической сельди находятся вблизи области полярных (арктических) вод, где нередко формируются неблагоприятные условия для всех фаз раннего онтогенеза. В данном районе наиболее часто наблюдается плотная облачность. Зима с неустойчивой погодой и сильными ветрами, в виду интенсивно развитой циклонической деятельностью. Лето прохладное с туманами. В осенне-зимний период наблюдается наибольшая повторяемость штормов силой свыше 6 баллов и достигает 37% в январе. Средняя скорость ветра зимой составляет 8—9 м/с, летом уменьшается до 5—6 м/с. Количество осадков превышает расходы на испарение. В связи с этим, любые экстремальные условия во время нереста приводят к неурожайным поколениям и, как следствие, снижению популяции.

Всё вышесказанное сильно усложняет оценку и прогнозирование общего допустимого улова атлантико-скандинавской сельди. За годы исследований наработаны различные методы прогнозирования допустимого промыслового изъятия. Это эмпирические (все методы прямого учета численности и оценки запасов) и аналитические (все математические модели оценки численности и регулирования промысла). Однако ни одну из существующих моделей нельзя признать полностью адекватной

моделируемому объекту, поэтому и результаты, полученные на их основе, нуждаются в последующей постоянной корректировке. Также используется промысловая статистика на основе всего комплекса информации, собранной в результате проводимых исследований, которая позволяет прогнозировать запасы и общий допустимый улов.

Для обработки исходной информации от момента получения временных рядов до момента выдачи прогностических рекомендаций сделаны следующие шаги:

1. Расчет первичных статистических моментов;
2. Расчет автокорреляционной функции и функции спектральной плотности;
3. Оценка перспектив использования полученных результатов для выполнения экстраполяции статистико-вероятностными методами;
4. Методическое прогнозирование выбранного параметра.

Расчет первичных статистических моментов и эмпирической функции распределения среднегодовых значений необходим для общего представления об исследуемом процессе. Многолетняя динамика по выловам показывает рост потребления атлантическо-скандинавской сельди. Два пика эмпирической функции распределения говорят о периодичности процесса. Рассчитанная автокорреляционная функция показывает, что изучаемый процесс малоинерционный, следовательно, объемы вылова атлантическо-скандинавской сельди будут сохраняться на протяжении нескольких лет. На графике АКФ выявляется два локальных максимума, характеризующих наличие в исследуемом процессе колебаний с периодом в 43 года. Функция спектральной плотности показывает процесс в низкочастотной части спектра. Наличие двух локальных максимумов 17-ти и 11-тилетнего цикла обусловлено влиянием на выловы сельди таких природных факторов как лунные фазы и солнечная активность.

В результате, общая логическая последовательность операций разработки прогностической модели сводится к принципу проведения

научных исследований о единстве описания (анализ), объяснения (диагноз) и предсказания (прогноз), как основных звеньев проведения исследования. Очевидно, что именно с этих позиций следует подходить к проблеме экстраполяции различных характеристик, в том числе и промыслово-биологического характера.

При реализации моделирования внутренней структуры рядов использовались методы: климатический, инерционный, байесовский, динамико-статистический, авторегрессионный, Фурье, средняя и регрессионная комплексация.

Итоговые прогностические значения были получены после проверки качества работы каждой статистико-вероятностной модели и выбора лучшей из них.

В результате, для сверхдолгосрочного прогноза выбраны две модели:

1. Динамико-статистическая, которая наилучшим образом соответствует структуре изменчивости ряда вылова, носящей стохастический характер.

2. Регрессионная комплексация, как модель, наиболее полно описывающая внутреннюю структуру ряда вылова.

Согласно расчетам, в ближайшие 10-15 лет следует ожидать сохранение, а возможно и некоторое увеличение, численности Атлантическо-скандинавской сельди и добычу её необходимо вести, не превышая прогностических значений, полученных по модели регрессионной комплексации.

Таким образом, цель работы достигнута. Определена возможность использования статистических методов для прогноза биолого-промысловых объектов на примере атлантическо-скандинавской сельди, в результате которых могут быть получены сверхдолгосрочные прогнозы для оценки общедопустимых уловов и дальнейшее планирование развития инфраструктуры промысловой отрасли.

Список используемой литературы

1. Марти Ю.Ю. Основные этапы жизненного цикла атлантическо-скандинавских сельдей // Труды/ ПИНРО. - 1956. - Вып. 9.- С. 5-61.
2. Селиверстова Е.И. Структура и рост поколений атлантическо-скандинавской сельди// Труды/ ПИНРО.- 1978. - Вып. 41.- С. 97-151.
3. Ижевский Г.К. Воды полярного фронта и распределение атлантических сельдей. — Госплан СССР (ВНИРО), 1958.
4. Баранов Е.И. Средние месячные положения гидрологических фронтов в северной части Атлантического океана. - Океанология, 1972, т. 12, № 2,
5. Бенко Ю.К. Об оптимальном режиме эксплуатации стада атлантическо-скандинавской сельди. Мурманск. — Труды ПИНРО, 1973, вып. 33
6. Бенко Ю.К., Селиверстов А.С., Зиланов В.К. О втором районе зимовки и массовом нересте сельди в районе Лофотенского мелководья. - В кн.: Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Мурманск, 1966, вып. 7.
7. <http://www.justsite.itn.ru/fish/index.php?id=1&spc=264>
8. Атлас океанов. Северный Ледовитый океан. Т. 3. Изд. ГУНиО МО СССР. 1983.
9. http://proznania.ru/?page_id=2353
10. Зиланов В. К. Путассу в Северной Атлантике. М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984 г.
11. Алексеев А.П. и Истошин Б.В. Схема постоянных течений Норвежского и Гренландского морей. Труды ПИНРО, 1956, вып. 9, с. 48-54.
12. Методические рекомендации по прогнозированию промыслово-океанологических характеристик некоторыми статистико-вероятностными методами. Калининград, 1985. (АтлантНИРО)

13. Успехи современного естествознания №5, 2014 г. Динамика вылова, методические основы оценки запасов, прогнозирования общего допустимого улова (ОДУ) и возможного вылова (ВВ) промысловых рыб в экономической зоне России дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана Гаврилов Г.М. ФГУП «ТИНРО-Центр»

14. Вайновский, П.А. Методы обработки и анализа океанологической информации. Одномерный анализ: Учебное пособие [текст] /П. А. Вайновский, В. Н. Малинин.- Л.: Изд. ЛГМИ, 1991.- 136 с.

15. Вайновский, П.А. Методы обработки и анализа океанологической информации. Многомерный анализ: Учебное пособие [текст]/П. А. Вайновский, В. Н. Малинин.- СПб.: Изд. РГТМИ, 1992.- 96 с.

16. Вайновский П.А., Титов Ю.Э. Методические рекомендации по статистико-вероятностному прогнозированию океанологических характеристик. - Мурманск, ПИНРО, 1989. - 93 с.

17. Дэвис Дж. Статистический анализ данных в геологии. - М.: Мир, 1990. - 356с.

18. Поляк И.И. Многомерные статистические модели климата. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 184 с.