



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО РЫБОЛОВСТВУ

**Научно-технические и методические
документы**

**Изучение экосистем
рыбохозяйственных водоемов,
сбор и обработка данных
о водных биологических ресурсах,
техника и технология
их добычи и переработки**

ВЫПУСК 7

**Методическое руководство по оценке промыслового
запаса демерсальных рыб ГИС методом
(на примере северо-восточной арктической трески)**

Издательство ВНИРО

2008

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО РЫБОЛОВСТВУ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ» (ФГУП «ВНИРО»)

Научно-технические и методические документы

**Изучение экосистем рыбохозяйственных
водоемов, сбор и обработка данных о водных
биологических ресурсах, техника и технология
их добычи и переработки**

ВЫПУСК 7

**МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО
ПО ОЦЕНКЕ ПРОМЫСЛОВОГО ЗАПАСА
ДЕМЕРСАЛЬНЫХ РЫБ ГИС МЕТОДОМ
(НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ
АРКТИЧЕСКОЙ ТРЕСКИ)**

УДК 639.223.3:639.2.053.7:639.2.001.5(261.2)

Авторы-составители: О.А.Булатов, доктор биол. наук; Б.Н.Котенев, канд. геогр. наук; Г.С.Моисеенко, канд. физ.-мат. наук; В.М.Борисов, канд. биол. наук; Д.А.Васильев, доктор техн. наук; В.К.Бабаян, канд. техн. наук; Т.И.Булгакова, канд. физ.-мат.наук; В.А.Татарников, канд. техн. наук; Е.Н.Кузнецова, доктор биол. наук.

И11 **Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Выпуск 7. Методическое руководство по оценке промыслового запаса демерсальных рыб ГИС методом (на примере северо-восточной арктической трески).— М.: Изд-во ВНИРО, 2008.— 82 с.**

Информационная составляющая метода оценки промыслового запаса рыб основана на ежесуточных судовых донесениях из районов промысла. В качестве модельного объекта авторами использована северо-восточная арктическая треска. Применение геоинформационных технологий позволило получить данные по плотности и биомассе в районе исследований с дискретностью 15 дней для периода январь-декабрь 2001-2007 гг. С целью получения реального представления о промысловом запасе, в процедуру расчета были введены поправки на дифференциальную уловистость по размерным классам и фактически наблюдаемые данные размерно-весовой структуры промыслового запаса, собранные биологами-наблюдателями ВНИРО на отечественных промысловых судах. ГИС метод позволяет многократно в течение промыслового сезона получать данные о промысловом запасе. Применение в практике рыбохозяйственных исследований, направленных на оценку запасов, предлагаемого авторами метода, позволит существенно снизить затраты и, следовательно, повысить эффективность исследований. Настоящее методическое руководство предназначено в основном для ихтиологов, работающих в области рационального использования водных биоресурсов. Кроме того, оно может представлять интерес для работников рыбного хозяйства, морских биологов, экологов и студентов биологических специальностей.

Одобрено Ученым Советом ВНИРО 19 марта 2008 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	4
2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ	7
3. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АРКТИЧЕСКОЙ ТРЕСКИ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫСЛОМ	8
3.1. Краткий анализ современных методов оценки запасов трески	8
3.1.1. Расширенный анализ выживания - модель XSA	8
3.1.2. Одновидовая когортная сепарабельная модель TISVPA	10
3.1.3. Модель ADAPT	12
3.1.4. Многовидовые модели MSVPA	12
3.1.5. Экосистемные модели Gadget, EcoCod, Bifrost, STOCOBAR	13
3.1.6. «Синоптический» метод	14
3.2. Анализ существующей практики управления промыслом северо-восточной арктической трески	15
3.2.1. Меры регулирования трескового промысла, введенные в 70-90-х годах XX века	15
3.2.2. Курс на стабилизацию ОДУ	16
3.2.3. Анализ биологической обоснованности «Правила ...»	17
3.2.4. Тестирование последствий применения «Правил...»	19
3.2.5. Комплексный подход к оценкам ОДУ	21
4. ИНФОРМАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ГИС МЕТОДА	23
4.1. Прием ежесуточных промысловых данных и их обработка	23
4.2. Типы судов, осуществляющих промысел трески	25
4.3. Орудия лова трески и их значение в промысле	25
4.4. Пространственное распределение полей плотности	26
5. ОЦЕНКА ПРОМЫСЛОВОГО ЗАПАСА ГИС МЕТОДОМ	27
5.1. Технические характеристики основных типов тралов и сгоняющий эффект от досок и кабелей	27
5.2. Обоснование выбора значений коэффициента уловистости (теоретический и практический аспекты)	29
5.3. Алгоритм расчета биомассы по данным траловых уловов с использованием ГИС ArcVIEW	38
5.4. Динамика размерно-весовой структуры трески в уловах	43
5.5. Оценка биомассы трески с учетом плотности и особенностей размерно-весовой структуры промыслового запаса	45
6. ВЕРИФИКАЦИЯ ГИС МЕТОДА	49
7. ВЫВОДЫ	54
8. ЛИТЕРАТУРА	55
9. ПРИЛОЖЕНИЕ	57
9.1. Рисунки	58
9.2. Таблицы	75

1. ВВЕДЕНИЕ

Согласно решениям Всемирного саммита 2002 г. по устойчивому развитию рыболовства, проходившем в г. Йоханнесбурге (ЮАР), с 2005 г. должен начаться переход мирового сообщества к устойчивому развитию. Глобальный характер перехода не исключает региональных особенностей выбора оптимальной стратегии устойчивого развития в использовании природных ресурсов. Под оптимальной стратегией устойчивого развития рыболовства понимается такой вид промысловой деятельности, который рационально эксплуатирует биологические ресурсы, с учетом изменчивости запасов и природной среды.

Продуктивность экосистем бореальных морей определяется значительной сезонной и межгодовой изменчивостью атмосферных и океанологических процессов, создающих благоприятные или неблагоприятные условия формирования численности пополнения наиболее массовых видов рыб.

Баренцево и Норвежское моря являются высокопродуктивными водоемами, в которых наибольшее значение в международном промысле играют такие многочисленные виды рыб, как треска, пикша, сельдь. Межправительственное сотрудничество России и Норвегии в эксплуатации биоресурсов Северо-Восточной Атлантики нашло отражение в принятом в 2001 г. "Положении об основных принципах и критериях долгосрочного, устойчивого управления живыми ресурсами Баренцева и Норвежского морей". В данном документе отмечено, что при разработке принципов и критериев управления будет приниматься во внимание необходимость развития национального рыболовства и потенциальных промысловых возможностей с целью полной и рациональной эксплуатации рыбных ресурсов.

На пути практической реализации данного документа может быть встречено немало трудностей, в первую очередь связанных с необходимостью унификации и стандартизации не только методов сбора, но и анализа полученной информации. Известно, что высокая степень изменчивости промысловой биомассы рыб является основной причиной, из-за которой исследователям приходится ежегодно оценивать запасы и давать рекомендации по их освоению рыбаками. Исторически так сложилось, что ученые разных стран в течение многих лет разрабатывали различные методы оценок запасов рыб. В настоящее время в арсенале исследователей уже находится не менее десятка методов, при помощи которых оцениваются запасы наиболее важного объекта промысла

в Баренцевом море – трески, и продолжают появляться новые. Можно только приветствовать то, что наблюдается эволюция методов. Хотя с практической точки зрения, в случае эксплуатации совместных единиц запасов, при подготовке рекомендаций по оценке ОДУ, возникает необходимость их основывать на тех методах, которые дают более реальные представления о запасах. Для этого необходимо выделить основные и дополнительные методы. Подобная классификация возможна лишь на основе сравнительного анализа точности. Однако до сегодняшнего дня не выполнен критический анализ всех существующих методов. Не определены их чувствительность и точность (Котенев и др., 2007). Не установлены, соответственно, и рамки применения. Между тем, каждый из методов имеет свою "ахиллесову пяту". Видимо, в скором будущем такая работа будет выполнена.

Сложившая практика подготовки принятия решения по установлению ОДУ выглядит следующим образом. Российские и норвежские ученые ежегодно представляют на рабочую группу ИКЕС по Арктическому рыболовству материалы, характеризующие состояние запасов трески и других видов рыб, основанные на научной и промысловой информации. После обмена мнениями, формируются рекомендации по уровню эксплуатации и общему допустимому улову (ОДУ) на следующий год. В настоящее время рабочая группа ИКЕС по Арктическому рыболовству оценивает промысловый запас трески с использованием метода расширенного выживания XSA. Однако, сравнительный анализ этого метода и более современной модели TISVPA показал, что XSA имеет существенные объективные недостатки, изначально заложенные в данной модели, что неизбежно приводит к искаженным представлениям о запасах и, соответственно, занижению ОДУ (Васильев, Булгакова, 2007). Данное обстоятельство представляется чрезвычайно важным, так как именно представления ученых являются основой для подготовки принятия важнейшего решения – оценке допустимого улова, которое затрагивает национальные интересы России и Норвегии.

Таким образом, в некоторых случаях представления ученых, основанные на искаженных данных о запасах, могут приводить к существенным экономическим потерям и иметь серьезные социальные последствия. Это позволяет говорить о том, что создание современных методов оценки запасов и управления промыслом крайне необходимая задача исследований. И ее решение позволит наиболее полно осваивать ресурсы не только трески, но и других промысловых видов рыб. В настоящем руководстве изложен один из методов, основанный на синтезе традиционных и современных подходов к оценке запасов

демерсальных рыб. В качестве модельного объекта выбрана северо-восточная атлантическая треска, являющаяся одним из наиболее важных объектов промысла в Баренцевом и Норвежском морях.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ НАСТОЯЩЕГО РУКОВОДСТВА

Актуальность исследований, направленных на повышение точности оценки запасов не вызывает сомнений. Особую остроту данный вопрос имеет в том случае, если это относится к запасам высоко эксплуатируемых видов рыб. Недооценка промысловой биомассы, вызванная искаженными представлениями о запасах, основанными на несовершенных методах, приводит, как минимум, к заниженным оценкам ОДУ и наносит значительный экономический ущерб. Нередки случаи, когда заниженные оценки запасов являлись основной причиной переоценки значимости промысла и, как следствие, приводили к сворачиванию промысла.

Авторы настоящего методического руководства учитывая, с одной стороны, опасность недооценки запасов трески, а с другой стороны, существующую практику оценки запасов трески в рабочей группе ИКЕС по Арктическому рыболовству, пришли к целесообразности разработки нового метода, основанного на результативности промысла отечественных судов. Огромные массивы промысловой информации, поступающие ежедневно во ВНИРО из районов промысла трески, долгое время не использовались для оценки запасов. В связи с этим авторы поставили перед собой цель – создать метод, в основу которого будет положена ежедневная информация, поступающая по каналам Отраслевой Системы Мониторинга (ОМС) с каждого судна, ведущего промысел трески.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. проанализировать существующие методы оценки запасов;
2. проанализировать современную практику управления промыслом трески;
3. разработать программное обеспечение для обработки и систематизации поступающей с промысловых судов информации;
4. проанализировать пространственное распределение трески;
5. изучить сезонную и межгодовую изменчивость промыслового запаса;
6. сравнить полученные результаты с другими методами оценки запасов.

3. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АРКТИЧЕСКОЙ ТРЕСКИ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫСЛОМ

3.1. Краткий анализ современных методов оценки запасов трески

Основным методом оценки состояния запаса баренцевоморской трески в настоящее время является модель XSA (Extended Survivals Analysis), ниже приводится ее краткое описание.

3.1.1. Расширенный анализ выживания - модель XSA

Оценка запаса трески в рамках Международного совета по исследованию моря (ИКЕС) традиционно проводится с помощью модели XSA (Shepherd, 1991). В целом, модель представляет собой специальный метод настройки вычислительной процедуры одновидового анализа виртуальных популяций (ВПА) с использованием данных по уловам на единицу промыслового усилия (CPUE).

Алгоритм модели включает в себя следующее:

- реализацию процедуры когортного анализа с использованием данных по возрастному составу уловов с получением оценок численности запаса по возрастным группам и годам промысла, общей и промысловой смертности;
- преобразование имеющихся значений CPUE на момент промысла к величинам CPUE на начало года для их сравнения с оценками запаса, полученными по когортной части модели;
- расчет оценок численности по возрастным группам с использованием преобразованных значений CPUE и оценок коэффициентов улавливаемости по возрастным группам и флотам;
- расчет численности запаса по возрастным группам на конец последнего года промысла как взвешенного среднего оценок, полученных по данным CPUE каждого из флотов;

- полученные оценки численности используются в качестве стартовых значений для выполнения последующих итераций.

С момента своего появления в арсенале методов оценки запасов сырьевых рабочих групп ИКЕС, модель XSA стала весьма популярной в связи с тем, что позволяла привлекать к оценке запаса, проводимой на основе данных по возрастному составу уловов, сразу несколько индексов численности запаса с возрастной структурой и провести достаточно подробную диагностику решения.

С другой стороны, опыт использования этой модели показал и ее существенные слабые стороны. Во-первых, неизвестен точный статистический смысл решения, поскольку оно получается не путем прямой максимизации выбранной целевой функции, а в результате схождения специальной итеративной процедуры. Эта процедура может и вовсе не сходиться, однако даже в случае ее схождения к некоторому решению, это решение может оказаться весьма далеким от действительного максимума выбранной целевой функции. Дополнительную статистическую неоднозначность в решение привносит использование процедуры «стягивания к среднему» (shrinkage).

Во-вторых, решение целиком основывается на трендах, присутствующих в так называемой дополнительной информации (съемки, промысловые уловы на усилие и др.), в то время как сигнал о состоянии запаса из наиболее представительных из имеющихся данных - данных о возрастном составе уловов - напрямую не используется (в основе метода - простая не сепарабельная когортная модель).

В-третьих, в модели совершенно не используются принципы и приемы робастной статистики, что совершенно необходимо при работе с реальными, т.е. зашумленными данными.

Отметим также и другие недостатки модели XSA, снижающие ее практическую ценность, например, невозможность напрямую привлечь к расчетам имеющиеся «интегральные» оценки запаса (например, оценки биомассы общего или нерестового запасов); кроме того, в рамках модели XSA невозможность устранить влияние на результат случайных межгодовых различий в условиях проведения съемок (например, с помощью

настройки на возрастные пропорции вместо настройки на оценки или индексы абсолютной численности возрастных групп, как это делается во многих современных моделях).

Понимание этого привело к тому, что в последнее десятилетие модель XSA все реже используется как в мировой практике, так и в практике рабочих групп ИКЕС для получения серьезных оценок состояния запасов. Все большее место занимают более совершенные, чаще - сепарабельные, модели, которые могут более статистически осмысленно использовать всю имеющуюся информацию о запасе, в том числе - информацию, непосредственно имеющуюся в данных по возрастному составу уловов. Это такие широко используемые в рамках ИКЕС модели, как ICA, AMCI, SMS, а также ISVPA (TISVPA).

3.1.2. Одновидовая когортная сепарабельная модель TISVPA

Одновидовая когортная сепарабельная модель TISVPA (Vasilyev, 2006) была впервые применена для оценки состояния запасов трески в 2007 г. (Васильев, Булгакова, 2007). Отличительной чертой модели является целенаправленное использование принципов робастной статистики с целью снижения искажающего влияния ошибок в данных на результаты анализа (Vasilyev, 2005).

Модель представляет собой одновидовую интегральную сепарабельную когортную модель. Отметим, что в большинстве современных моделей, используемых для оценки состояния запасов, в той или иной степени используется так называемое сепарабельное представление коэффициентов промысловой смертности - в виде произведения факторов, зависящих от возраста и факторов, зависящих от года. Такая параметризация модели позволяет снизить количество неизвестных и получать однозначную информацию о текущем состоянии запаса непосредственно из данных по возрастному составу уловов. Однако иногда считается, что сепарабельные модели являются излишне структурно жесткими для описания особенностей взаимодействий различных поколений с промыслом. Эту проблема в значительной степени решена в версии модели ISVPA, названной TISVPA (Triple Instantaneous Separable VPA). Вкратце, в модели коэффициенты промысловой смертности (точнее - коэффициенты эксплуатации) представлены в виде произведения трех параметров: $f(\text{year}) * s(\text{age}) * g(\text{cohort})$, что дает возможность оценить в рамках когортной модели

дополнительный набор параметров, связанных с поколением. Этот дополнительный набор параметров позволяет адаптировать традиционное сепарабельное представление промысловой смертности (как произведение зависящего от года компонента и компонента, зависящего от возрастной группы) к ситуациям, когда некоторые поколения могут иметь особенности в своем взаимодействии с промысловыми флотами, вызванные, например, их различным пространственным распределением, большей притягательностью для промысла более многочисленных поколений или другими причинами. Кроме того, подобный прием позволяет в определенной степени снизить влияние некоторых систематических ошибок в данных.

Упомянутые выше зависящие от поколения множители (g-факторы) могут быть оценены и применены не только для всего интервала возрастных групп, включенных в модель, но и для некоторого выбранного возрастного «окна». Это помогает, во-первых, быть ближе к реальной ситуации (если известно, что только некоторый диапазон возрастных групп может иметь зависящие от численности поколения особенности во взаимодействии с промыслом), и, во-вторых, снизить влияние возрастных групп, данные по возрастному составу уловов для которых имеют более низкое качество (обычно – самые младшие или старшие возрастные группы).

Важной характеристикой моделей группы ISVPA, включая модель TISVPA, является целенаправленное использование принципов робастной статистики в процедурах оценивания параметров модели. Именно это помогает снизить влияние ошибок в данных на результаты анализа и выделять больше информации о системе запас-промысел из имеющихся данных. Модели группы TISVPA включают в себя различные приемы, помогающие работать с данными реального (т.е. достаточно низкого) качества. Среди них: робастные целевые функции, возможность целенаправленного обеспечения несмещенности решения, независимость оценок возрастной зависимости относительной селективности промысла от выбора пользователем ее формы, применение различных опций относительно взаимной справедливости предположений о качестве данных по возрастному составу уловов и устойчивости селективных свойств промысла, возможность исключения влияния межгодовых изменений в коэффициентах улавливаемости съемок на результаты анализа и др.

Данная модель (табл.1) широко используется в рамках Международного совета по исследованию моря (ИКЕС), а также для оценки состояния запасов объектов отечественного рыболовства.

3.1.3. Модель ADAPT

В порядке эксперимента на Рабочей группе для оценки запаса трески применялась модель ADAPT (Adaptive framework) (Gavaris, 1988). Сильными сторонами модели являются математически строгая формулировка и - одновременно - высокая гибкость, что теоретически позволяет в каждом конкретном случае адаптировать модель к имеющимся данным путем адаптации самой формулировки модели. Как и в модели TISVPA, оценка параметров модели основана на минимизации определенной целевой функции, т.е., в отличие от модели XSA, решение имеет конкретный статистический смысл. Однако модель не сепарабельна, что не дает ей возможности получить сигнал о величине запаса непосредственно от данных по возрастному составу уловов. Кроме того, аспекту робастности анализа внимание в модели не уделяется.

3.1.4. Многовидовые модели (модели промысловых сообществ) на примере модели MSVPA

Важным аспектом динамики численности трески является каннибализм. В рамках одновидовых моделей каннибализм учитывается с помощью использования в расчетах переменных по возрастам значений мгновенного коэффициента естественной смертности. Оценки каннибализма могут быть получены с использованием многовидовых моделей, таких как Gadget (Bogstad et al., 2004) или MSVPA. Однако эти модели могут и непосредственно использоваться для оценки запасов. Так, например, модель MSVPA применялась специалистами ВНИРО и ПИНРО для оценки запасов промысловых видов сообщества, связанного с баренцевоморской треской.

В модели мгновенный коэффициент естественной смертности M разделен на две компоненты: $M = M1 + M2$, где $M2$ представляет собой смертность, вызванную включенными в модель хищниками (смертность от хищничества), а $M1$ отражает естественную смертность от всех иных причин (остаточная естественная смертность).

Для того, чтобы дать аналитическое выражение для $M2$, вводится определение “пригодной биомассы жертв” по возрастным группам и видам хищников. Коэффициенты пригодности являются отражением множества факторов, включая пищевые предпочтения, доступность жертв,

пространственное пересечение ареалов хищника и жертвы и т.д. В настоящее время модель MSVPA получила широкое распространение в практике оценки запасов в Балтийском, Северном и Баренцевом морях, в водах Исландии и Ньюфаундленда и др.

3.1.5. Экосистемные модели *Gadget*, *EcoCod*, *Bifrost*, *STOCOBAR*

Gadget. Модель *Gadget* (Globally Applicable Area Disaggregated General Ecosystem Toolbox) (Bogstad et al., 2004) представляет собой пространственную обобщенную экосистемную модель. Эта модель позволяет включать в рассмотрение многие экосистемные факторы, один или несколько видов, каждый из которых можно разделить на компоненты; несколько районов, причем миграции из одного района в другой моделируются с помощью матриц; трофические взаимодействия видов. Моделируются отдельные биологические процессы внутри популяции (рост, созревание, пополнение), а также влияние промысла (одного или нескольких его типов). На Рабочей группе по Арктическому рыболовству эта модель используется в упрощенной версии – как модель одной популяции с учетом каннибализма и экосистемных факторов.

EcoCod. На очередном совещании российских и норвежских ученых в 2005 г. был предложен научный проект "Оценивание оптимального долгосрочного вылова северо-восточной арктической трески с учетом влияния экосистемных факторов". Над этим проектом в течение 3 лет работала группа специалистов двух институтов IMR (Берген, Норвегия) и ПИНРО. Согласно этому проекту, новая модель, получившая название *EcoCod*, должна быть многовидовой, экосистемной, прогностической и быть способной дать прогноз на значительную перспективу. Сложность состоит в моделировании разных условий среды, в том числе и разных параметров взаимодействия видов в модели, выходящей за рамки одновидового подхода.

В основу модели *EcoCod* заложена ранее разработанная совместно ПИНРО и IMR модель *CodSim*, но в усовершенствованном варианте. Модель включает подмодели: пополнение трески, рост, половое созревание, каннибализм и промысел. Модель пока реализована в EXCEL, а модельные параметры каждого из блоков оценивались отдельно от основной модели регрессионным методом. Пока проведены лишь тестовые расчеты с использованием этой модели.

Bifrost. В модели Bifrost центральным видом является мойва, но моделируются взаимодействия между мойвой и треской, а также каннибализм трески. В основу положены биологические данные по питанию трески и экспериментальные данные по скорости переваривания пищи.

Трофическая модель STOCOBAR. Модель STOCOBAR описывает динамику трески с учетом трофических отношений и влияния среды и промысла. Реализована модель в виде программы, получены первые результаты долгосрочного прогнозирования. В прогнозные расчеты включено хищничество трески на мойве и на молоди трески. Функция пополнения использована пока только для трески. Стохастические сценарии включают изменение температуры и биомассы мойвы.

3.1.6. "Синоптический" метод

Кавычки в названии указывают на то, что применительно к оценке промысловой биомассы трески синоптичность подхода (т.е. учет относительно устойчивых по гидрологическим условиям периодов и относительно постоянных по биопродуктивности зон) используется постольку, поскольку метод является логическим и усовершенствованным продолжением синоптического мониторинга рыбопродуктивных зон в СВА на примере скумбрии, окуня, сельди и путассу (Шатохин, 2004).

Применительно к треске используются фактические результаты промысла в трех относительно обособленных районах ее нагула, приуроченных к определенным ветвям системы баренцевоморских течений. Общая оценка биомассы трески может быть получена как сумма максимальных оценок биомассы, которая по каждому из районов приходится на разные сроки, в зависимости от времени максимального заполнения рыбой "своего" района нагула. Сроки и абсолютные значения максимумов выявляются в ходе синоптического мониторинга трех выделенных районов нагула.

Оценка биомассы основана на судовых суточных донесениях по каждому тралению, уточненному по спутниковому позиционированию, с вычислением средних уловов на траление и плотности скоплений по одномильным квадратам. В переходе от плотности скоплений к биомассе учитывались характеристики промыслового судна, параметры его орудий лова (скорость траления, вертикальное и горизонтальное раскрытие трала), уточняющие объем процеженной воды. Принятый коэффициент уловистости (0.27) несколько превышает используемые ранее для трески

Баренцева моря – 0.21-0.22 (Серебров, Попков, 1982), и поэтому в какой-то мере (\approx на 15%) занижает оценку биомассы.

В заключение следует отметить, что оценка запасов трески в настоящее время выполняется с использованием преимущественно математических методов. В этом классе методов, как показала практика, более адекватно учитывает запас метод TISVPA, способный работать с "зашумленными" данными. Использование экосистемных или многовидовых моделей в настоящее время носит лишь вспомогательный и экспериментальный характер. Применение этих моделей будет более обоснованным лишь тогда, когда будут отработаны надежные модельно-математические средства проведения одновидового анализа, а информационная база расчетов, в связи с высокой противоречивостью имеющихся данных, будет расширена.

"Синоптический" метод в настоящее время является одним из методов оценки запасов, который не относится к математическим моделям. Несомненно, что данное направление методологии оценки запасов требует своего дальнейшего развития. Именно поэтому коллектив авторов ВНИРО поставил перед собой цель разработать новый метод, который бы основывался на современных технологиях географических информационных систем (ГИС).

3.2. Анализ существующей практики управления промыслом северо-восточной арктической трески

3.2.1. Меры регулирования трескового промысла, введенные в 70-90-х годах XX века

Основными странами, ведущими промысел баренцевоморской популяции трески, в силу ее географического распределения, исторически являются Норвегия и Россия. Период интенсивной и фактически неуправляемой эксплуатации трескового запаса в 60-70 годах прошлого века показал необходимость регламентации режима промысла, которая бы препятствовала возможности переловов.

Со второй половины 70-х годов такие регламентирующие функции взяла на себя специально созданная для этих целей Смешанная Российско(Советско)-Норвежская Комиссия по рыболовству (СРНК).

С созданием СРНК значительно активизируются все взаимоприемлемые формы регулирования промысла. Основной из них была и остается величина общедопустимого улова (ОДУ). В дополнении к этой мере, стремясь обеспечить сохранение рекрутов как основы будущего промыслового запаса, Комиссия вводит: ограничения на лов рыбы по размерам (с 1983 г. треска - не менее 42 см, пикша – 39 см, а в зоне Норвегии с 1990 г. треска - не менее 47 см, пикша – 44 см); запрет тралений в местах концентрации молоди с учетом сроков ее наибольшей уязвимости (в российских водах суммарная акватория бестраловых зон ежегодно составляет до 20 тыс. кв. миль); увеличение ячеи в траловых кутках (с 1981 г. - не менее 125 мм, а в норвежской зоне с 1982 г. - не менее 135 мм).

Со второй половины 90-х годов использование селективных решеток стало обязательным как для норвежского, так и для российского тралового промысла. Получение максимально возможных уловов, при одновременных мерах, исключающих либо минимизирующих негативные последствия для воспроизводства, в основном достигается изменением годовых ОДУ в полном соответствии с прогнозируемыми оценками промыслового запаса. Именно такого подхода придерживалась Комиссия в 70-90-х годах, когда относительные изменения годовых ОДУ почти в точности соответствовали приросту либо сокращению запаса, в отличие от нерегулируемого "докомиссионного" периода 40-60-х годов.

3.2.2. Курс на стабилизацию ОДУ

Ежегодные и нередко весьма значительные изменения ОДУ, зависящие от результатов прогнозирования промзапаса, а также в немалой степени от политических и экономических интересов Сторон, препятствовали согласованию предлагаемых вариантов. Весьма заманчивым путем решения этой проблемы представлялся курс на относительное постоянство ОДУ.

В силу принятой СРНК в 2001 г. 3-летней стабильности ОДУ (с допустимыми изменениями в пределах $\pm 10\%$ от предыдущего года) он оставался "замороженным" на уровне 2000 г. Применительно к запасу, межгодовые колебания которого достигают 40-60%, относительная стабильность ОДУ увеличивает риск переловов в годы падения запаса, либо недоловов в годы его подъема. Доводы о том, что только при динамике промысла, синхронной динамике запаса, возможно получение максимальных и в долговременном аспекте безопасных уловов, не могли возобладать над стремлением к более удобному для "управленцев" относительно

постоянному ОДУ. По ориентировочным подсчетам "замораживание" ОДУ в 2001-2003 гг. на уровне 2000 г. (390-395 тыс.т) обернулось для российского промысла потерями, близкими к 300 тыс.т (Борисов, Котенев, 2005).

С 2001 г. в рамках Комиссии начата, а в 2004 г. фактически завершена разработка Положения об «Основных принципах и критериях долгосрочного, устойчивого управления живыми морскими ресурсами в Баренцевом и Норвежском морях». Исходная идея Положения – прописать согласованные принципиальные пути ведения рационального рыболовства (т.е. получать максимум выгоды от промысла без подрыва запаса) приветствовалась обеими Сторонами.

Однако в процессе «улучшения» Положения акценты сместились в сторону его математической формализации, трансформировавшись в "Правило регулирования промысла" по ОДУ (harvest control rule). В соответствии с "Правилом" необходимо:

- рассчитать среднюю величину ОДУ на последующие 3 года на основании F_{pa} . ОДУ на следующий год устанавливается на этом исходном уровне;

- в последующие годы повторяется расчет ОДУ на следующий трехлетний период на основе новых научных данных о динамике запаса, однако при этом ОДУ может изменяться не больше чем на $\pm 10\%$ от уровня ОДУ предыдущего года;

- в случае снижения нерестового запаса до уровня ниже V_{pa} установление ОДУ основывается на промысловой смертности, которая уменьшается линейно от F_{pa} при нерестовом запасе = V_{pa} до $F = 0$ при нерестовом запасе = 0. Если биомасса нерестового запаса в любой год, рассматриваемого при расчетах периода (текущий год, предшествующий год и все три года прогноза) будет ниже V_{pa} установление ОДУ не ограничивается правилом $\pm 10\%$.

3.2.3. Анализ биологической обоснованности "Правила..."

1. В общепринятом понимании суть назначения ОДУ состоит в том, чтобы объем рекомендуемого промыслового изъятия, с одной стороны был максимально возможным и экономически приемлемым, а с другой – не приводил к негативным последствиям в текущем и будущем состоянии запаса. Реализация второго требования к ОДУ возможна только путем установления биологически оправданного коэффициента вылова и использования его применительно к запасу того конкретного года, на

который ОДУ устанавливается. При использовании величины запаса, прогнозируемой на какой-то другой год, отличный от года установления ОДУ, неизбежно закладывается ошибка в расчеты. Масштабы этой ошибки зависят от того, насколько запас другого года отличен от запаса в году, для которого ОДУ устанавливается.

Однако вопреки такой очевидности первая часть "Правила" предлагает устанавливать ОДУ для года "n" не по запасу в году "n", а как среднюю по запасам в годах "n", "n + 1" и "n + 2". Очевидно, что на формирование этих запасов будут воздействовать свои, не связанные с n-годом факторы (например, вступление в промзапас новых поколений, своя интенсивность промысла, свои, отличные от n-года условия естественной убыли). Влияние перечисленных и других такого рода факторов, не поддающихся точному прогнозированию, увеличивает неопределенность в оценках запаса и соответственно в рекомендациях по ОДУ, поскольку с ростом заблаговременности прогноза неизбежно возрастает вероятность ошибок.

2. Конечно, межгодовая стабильность ОДУ весьма привлекательна для управленцев, поскольку значительные амплитуды годовых уловов оказываются серьезной помехой в организации стабильной добычи, переработки и поставок рыбной продукции для потребителя, в стабильности рынка. Но, с другой стороны, стабильность уловов возможна только в том случае, если ежегодные уловы минимизированы до уровня, при котором промысел даже в годы значительного сокращения запаса не отразится на нем негативно. Однако такой подход к промыслу ни в коей мере не согласуется с принятой СРНК стратегией, в соответствии с которой "создаются условия для получения максимальной долгосрочной выгоды от эксплуатации запаса". Имея дело с объектом, запасы которого испытывают значительные межгодовые колебания, необходимо учитывать природные особенности его динамики и быть готовым к оперативному наращиванию либо свертыванию промысла. Игнорирование этой особенности будет приводить в одни годы к недоиспользованию продукционных возможностей популяции, а в другие - к чрезмерному прессу промысла.

3. Обязательное поддержание биомассы нерестового запаса (SSB) на уровне, соответствующем предосторожному подходу (precautionary approach) - B_{pa} обосновывается тем, что этот уровень (точнее, когда $SSB \geq B_{pa}$) гарантирует вступление в промысловое стадо урожайных поколений даже при неблагоприятных условиях среды за период от икры до промысловых рекрутов (у трески 3 года). Ради обеспечения принятой стратегии ежегодные значения ОДУ ограничиваются той величиной, которая бы не нарушала условия $SSB \geq B_{pa}$. Такая стратегия была бы оправданной и бесспорной

для трески лишь в том случае, если бы у нее пополнение (количество рыб, вступающих в промысловый запас) всецело зависело от SSB, т.е. численности производителей.

Но поскольку у трески выживание от икры до промысловой молодежи на 90-95% зависит от условий среды, а роль SSB в формировании пополнения ограничивается 5-10%, то очевидна безуспешность стратегии, "заикленной" на B_{pa} (Борисов, Елизаров, Нестеров, 2006; Svendsen, 2007).

3.2.4. Тестирование последствий применения "Правил..."

Для тестирования последствий применения Правил регулирования промысла была разработана имитационная модель популяции арктической трески, основанная на данных за 1980-2006 гг. Этот период выбран, чтобы проверить HCR на как можно более длинном периоде, включающем периоды роста и снижения биомассы моделируемой популяции. Поскольку для выбранного ретроспективного периода оценки многих параметров популяции трески можно считать достаточно надежными, включая и индексы факторов среды, определяющих условия формирования пополнения, то динамика популяции имитируется с меньшей неопределенностью, чем при моделировании на более длительный прогностический период.

Исследованы два Правила. В первом Правиле, принятом ИКЕС для трески, рекомендуемое значение промысловой смертности $F_{rec}(t)$ для года t выбирается в зависимости от величины нерестового запаса SSB(t) в начале этого года по формуле:

$$F_{rec}(t) = F_{pa} \frac{SSB(t) - B_{lim}}{B_{pa} - B_{lim}},$$

где биологические ориентиры управления имеют следующие значения: $B_{lim}=220$ тыс. т, $B_{pa}=460$ тыс. т, $F_{lim}=0,74$ и $F_{pa}=0,40$. Значение $F_{pa}=0,40$ представляется заниженным, поскольку для большинства лет из интервала 1946-2004 гг. $F > 0,40$ (Борисов, Котенев, 2005).

Второе Правило, для трехлетнего периода, предназначено

для снижения межгодовых изменений вылова. В имитационную модель включены следующие модельные блоки: динамики популяции, формирования пополнения, регулирования промысла и стохастический.

Модель пополнения (Борисов, Булгакова, 2002; Булгакова, 2004) позволяет рассчитывать пополнение популяции в возрасте 3 года в зависимости от трех факторов: величины нерестового запаса, индекса популяционной плодовитости и индекса установившегося притока атлантических вод.

Критериями качества HCR являются средний вылов за период; вероятность риска нарушения биологических ориентиров по биомассе и по промысловой смертности; изменение годового вылова по отношению к вылову предыдущего года.

Для детерминированного и стохастического вариантов модели проводилась серия компьютерных экспериментов (Bulgakova, 2005). В стохастическом варианте случайная компонента (шум) добавляется к численности пополнения для каждого года (остатки описываются логнормальным распределением), к численности в стартовый 1980 год и к получаемым, согласно HCR выбранным оценкам ОДУ для расчета величины годового улова (параметры распределения шума получены по историческим рядам ОДУ и уловов для 1987-2003 гг.).

Результаты моделирования показали, что при использовании HCR, принятого ИКЕС, целесообразно увеличить ориентир $F_{ра}$ до 0,5, что позволит в среднем увеличить вылов на 30 тыс.т в год (рис.1). При этом риск пересечь граничный ориентир *Blim* остается равным нулю.

Использование трехлетнего правила с введением случайного шума в оценку величины вылова приводит к расширению доверительных интервалов и увеличению риска пересечения граничного ориентира *Blim* до 14%, а иногда даже к коллапсу запаса. Что касается стабилизации уловов, ради чего и принимается это "Правило регулирования..", то в некоторые годы разница между уловами соседних лет выходит далеко за пределы 10% (рис.2). Поэтому польза от введения трехлетнего правила представляется сомнительной.

Если же отклонения величины вылова от оценки ОДУ будут так велики, как предполагается в последние года из-за неоправданно высоких оценок перелова, то доверительные интервалы характеристик запаса станут еще более широкими, чем получены в наших расчетах. Таким образом, трехлетнее правило не соответствует предосторожному подходу и даже не приводит к существенной стабилизации вылова

3.2.5. Комплексный подход к оценкам ОДУ

Более оправданным представляется путь установления ОДУ, основанный на оценках прогнозируемых изменений в величине промыслового запаса. Богатый опыт промысла прошлых десятилетий, демонстрирующий результат взаимодействия в системе "запас-вылов", а также ежегодный сбор данных, позволяющих предсказывать состояние запаса, гарантирует недопустимость крупных ошибок в рекомендациях. При этом возрастает роль и ответственность прогнозистов, всех тех, кто собирает исходную информацию о состоянии среды (в том числе об условиях нереста, инкубации икры, выживании личинок, молоди, кормовой базе, конкурентах) и на основе ее анализа предсказывает наиболее вероятные тенденции в динамике запаса за счет его пополнения, приростов биомассы, масштабов и причин естественной смертности, включающих каннибализм, потенциальных хищников и др.

В сжатом виде такой подход представлен на прилагаемой схеме (рис.3). В представленную схему включены все основные, традиционно определяемые характеристики состояния как самого запаса, так и результатов промысла. «Новым» в этой схеме можно считать лишь особый акцент и стремление к соответствию между относительными годовыми изменениями вылова и запаса. ОДУ следующего года увеличивается или уменьшается по сравнению с предыдущим годом пропорционально увеличению или уменьшению промыслового запаса.

В прогнозировании запаса особое значение придается оценкам пополнения и всем тем факторам, от которых зависит выживание поколения в первые годы жизни.

Несколько неожиданным может показаться отсутствие в схеме специальной оценки биомассы нерестового запаса, ставшей в последнее время чуть ли не основным ориентиром при выработке научных рекомендаций по регулированию промысла. Этот параметр интересен лишь постольку, поскольку он является частью всего промыслового запаса.

Необходимость в нем как в элементе прогнозирования весьма сомнительна. В первую очередь это относится к массовым промысловым видам рыб с высокой плодовитостью, у которых урожайность поколений в гораздо большей степени зависит не от исходной численности выметанной икры и биомассы нерестового запаса (SSB), а от условий выживания в раннем онтогенезе.

4. ИНФОРМАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ГИС МЕТОДА

4.1. Прием ежесуточных промысловых данных и их обработка

Для оценки изменчивости запасов трески в районе исследований использовались судовые суточные донесения (ССД) Отраслевой системы мониторинга (ОСМ). В расчётах учитывались следующие параметры ССД, отражающие промысловую деятельность судна: отчётная дата, широта, долгота, объект промысла и его улов, орудие лова, время, затраченное на промысловые операции.

Данные с сервера ОСМ (СУБД MySQL) экспортировались в виде файла в формате «текст с разделителем». Затем информация загружалась в СУБД Oracle с помощью стандартного загрузчика базы данных. В базе данных формировались рабочие таблицы, содержащие годовые массивы информации с отбраковкой данных, содержащих нулевые значения по какому-либо параметру.

Район исследований представлял собой прямоугольник в географической системе координат с размерами: 68–80° с.ш., 5–55° в.д. Весь район был разбит на полигоны размером в 2° по долготе и 0,5° по широте. Для этого в проекте географической информационной системы (ГИС) ArcView создавалась сетка полигонов с отмеченными размерами (рис. 4). Для расчёта площадей полигонов, созданная полигональная сетка переводилась в цилиндрическую равновеликую проекцию. В этой проекции с помощью программного скрипта на языке Avenue проводился расчёт площадей полигонов, и результат помещался в таблицу атрибутов полигональной сетки.

Вся дальнейшая обработка промысловых данных, операции пространственного осреднения и расчёты проводились с помощью встроенных функций программного пакета ГИС ArcView компании ESRI.

В связи с тем, что использованные в расчетах типы тралов покрывали не весь район промысла и не весь ареал обитания трески, полученные данные по распределению трески и биомассе, заведомо представляются заниженными. Располагая данными по продолжительности тралений и весу улова трески, полученных из судовых суточных донесений,

определялась величина улова на час траления. С учетом характеристик использованных тралов и коэффициента уловистости рассчитывалась величина плотности в тоннах на квадратный километр.

Уловы более 2 тонн/час траления считались ошибочными и в расчетах не учитывались. Анализ частотного распределения уловов позволил применить гипотезу о логарифмически нормальном характере их распределения (рис. 5-8).

Биомасса трески в каждом квадрате определялась методом площадей (Аксютина, 1968).

$$P = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i \times x_i}{q \times k} \right);$$

где P – биомасса, тонн;

Q_i – площадь каждого квадрата (i), км кв;

x_i – средний фактический улов в (i) квадрате, тонн/час траления;

q – площадь облова за час траления, которая определялась произведением горизонтального раскрытия трала на пройденный путь, (км кв/час);

k – коэффициент уловистости.

В каждом квадрате (0,5 градуса широты x 2 градуса долготы) рассчитывался средний фактический улов на час траления за 15-дневный период. Затем, зная площадь квадрата, площадь траления и коэффициент уловистости трала, рассчитывали значения плотности и биомассы в каждом квадрате. Оценка биомассы для всего района выполнялась как сумма оценок биомассы входящих в него квадратов.

Среднемесячные значения биомассы определялись как среднеарифметическое значение биомассы за два 15-дневных периода.

В связи с тем, что миграционная активность трески наименее выражена в апреле-августе, значение средней годовой биомассы определялось как среднеарифметическое для каждого из указанных месяцев. Принцип экстраполяции не использовался, учитывались только фактические уловы.

4.2. Типы судов, осуществляющих промысел трески

Анализ массива промысловых донесений показал, что в промысле трески принимало участие от 17 до 20 типов различных судов в зависимости от года. На рисунке 9 представлены 10 типов судов, обеспечивших значительную часть годового вылова. Наиболее весомым оказался вклад среднетоннажных судов типа "Василий Яковенко".

При анализе полученных промысловых донесений оказалось, что наибольшая часть переданных ССД также пришлась на СРТМ типа "Василий Яковенко" (пр.502ЭМ). Анализ динамики относительной доли вылова в зависимости от типа судна показал, что наиболее существенные уловы в 2000-2007 гг. имели суда типа "Василий Яковенко", "Орленок" и "Баренцево море" (табл. 2). Необходимо отметить, что в течение этого времени существенно возросла доля «прочих» - с 29,1% до 45,6%.

4.3. Орудия лова трески и их значение в промысле

В общей сложности за период 2000-2007 гг. было проанализировано 202812 судовых суточных донесений, из которых половина была использована для оценки запасов трески в данном районе (табл. 3).

В течение исследуемого периода (2000-2007 гг.) на промысле трески применялись разные типы тралов. Анализ результативности лова показал, что из используемых 35 орудий лова, 9 типов донных тралов обеспечивали от 39% до 64% от общего количества промысловых донесений. Наибольшее значение в промысле имели 2 типа трала, имеющие в ОСМ коды 201 и 230. Например, в 2007 г. на их долю приходилось 3872 и 5055 ССД, соответственно (в сумме 63,3% от общего количества ССД). Доля годового вылова трески, который был обеспечен этими тралами, составляла 35,8 и 26,9 %, соответственно.

Таблица перевода кодов в типы (проекты) основных тралов, использовавшихся в наших расчетах, представлена в таблице 4. При анализе промысловой деятельности основных типов судов было выявлено, что каждый из них использовал в течение промысловых сезонов 2000-2007 гг. различные типы тралов. В расчетах использовались указанные в таблице 5 фиксированные параметры горизонтального раскрытия и скорости траления.

4.4. Пространственное распределение полей плотности

На основе проанализированной промысловой информации, полученной по каналам ОСМ, были построены карты пространственного распределения плотности промысловых концентраций трески в Норвежском и Баренцевом морях. В качестве примера, иллюстрирующего особенности сезонного распределения концентраций, основанных на наших расчетах, приведены данные по промысловым концентрациям трески в 2007 г. Как видно из рисунка 10, основные скопления в зимний период (январь-март) были приурочены к водам Норвегии. В апреле-мае треска мигрировала на север и промысловые концентрации уже обнаруживались в южной части Баренцева моря и у о. Шпицберген. В летне-осенний период наиболее значительные по плотности скопления трески были пространственно изолированы на северное и южное (рис. 11, 12). В декабре, несмотря на начавшиеся процессы сезонного охлаждения вод, промысловые скопления трески еще обнаруживались в Баренцевом море (рис.13).

Приведенные карты распределения трески основаны на ежесуточной промысловой информации, полученной не от всех судов, принимавших участие в промысле и не всех типах донных тралов. Поэтому, данная информация не является полной. Кроме того, очевидным является и то, что ареал трески в Баренцевом море больше, чем площадь, на которой выполнялись промысловые операции. Следовательно, исходная информация, на которой будут основаны дальнейшие расчеты биомассы является неполной и поэтому оценки запасов, полученные по этим данным, будут заниженными и могут представлять минимальный уровень оценки.

5. ОЦЕНКА ПРОМЫСЛОВОГО ЗАПАСА ГИС МЕТОДОМ

5.1 Технические характеристики основных типов тралов и сгоняющий эффект от досок и кабелей

Траловый промысел трески в основном ведут суда, относящиеся к среднетоннажному типу, однако суда этого класса могут иметь значительные различия по размеру и по развиваемому тяговому усилию, от чего зависят габариты используемых на этих судах тралов. Параметры основных конструкций донных тралов, используемых на промысле трески, приведены в таблице 6.

Как видно из таблицы 6, тралы, используемые судами типа СТМ «Орленок» (пр. 2479, пр. 2517) и судами типа СРТМ «Василий Яковенко», СРТР « Баренцево море», СТР «Альпинист» (пр.2561, пр.2565), имеют заметные отличия не только по геометрическим параметрам устья трала и сетной части, но и по техническим характеристикам траления, таким как скорость буксировки трала и его сопротивление.

На рисунках 14-16 представлены чертежи передних частей (без траловых мешков) основных конструкций донных тралов.

Типовая оснастка донного трала (на примере трала пр. 2561, являющегося основным на промысле трески Баренцева моря) показана на рис. 17.

Во время траления за движущейся траловой доской образуется шлейф завихренных частиц (турбулентный след), а при донном тралении еще и поднимаемые со дна частички мягкого грунта, который воспринимается рыбами как преграда (Габрюк, Кулагин, 2000).

Если длину кабелей подобрать таким образом, чтобы зазор $DВ$ между крылом и гидродинамическим следом доски (рис. 18) не превышал определенной величины, то рыба будет сгоняться в облавливаемое тралом пространство. По данным В.К. Короткова (1973), который наблюдал из подводного аппарата поведение и процесс ухода рыб из облавливаемого тралом пространства, во избежание выхода трески между крылом трала и

шлейфом, ширина зазора не должна быть более 3,0-4,5 м. В случае увеличения этого расстояния, рыбы могут свободно покидать облавливаемое пространство. Исходя из схемы положения шлейфа относительно кабеля, можно найти расстояние от шлейфа до точки крепления кабеля к подборе трала Δl (см. рис.18).

$$\Delta l = DB = AB - AC - CD \quad (2)$$

Выразив AB и AC через длину кабеля L_k и тригонометрические функции угла атаки кабеля ν и угла скоса внутренней кромки шлейфа Ψ получим:

$$\Delta l = L_k \sin \nu - L_k \sin \Psi - CD, \quad (3)$$

где $CD=OK$ – расстояние от точки крепления лапок к доске до касательной к границе вихревого следа от задней кромки доски; зависит от угла атаки доски и колеблется от 0,6 до 1,0 м.

Стандартная оснастка донных тралов предусматривает применение кабелей длиной 100 м (см. рис. 17). Угол атаки кабеля принимаем равным углу атаки сетной оболочки трала в устьевой части. В используемых на промысле тралах он равен 12° . В зависимости от скорости траления и типа траловой доски, угол скоса шлейфа Ψ , по замерам В.К. Короткова (1973), может изменяться от 2 до 8° . С учетом того, что данный параметр на практике может варьировать, для расчетов целесообразно использовать среднее значение 5° . Таким образом, подставляя значения параметров в формулу (3), можно рассчитать ширину зазора между крылом и границей внутренней кромки турбулентного шлейфа.

$$\Delta l = 100 \times 0,2079 - 100 \times 0,0872 - 1 = 11,07 \text{ м}$$

Таким образом, полученное расстояние значительно превосходит предельно допустимую ширину зазора в 3,5-4,0 м, которая экспериментально определена В.К. Коротковым (1973) как критическая, при которой рыба может свободно выходить из зоны действия трала. Следовательно, *сгоняющий эффект траловых досок при расчете облавливаемого тралом пространства настолько мал, что им можно пренебречь и в дальнейших расчетах не учитывать.*

В.К. Коротковым экспериментально, путем визуального наблюдения с обитаемого подводного аппарата, также оценивалось и влияние кабельной оснастки донного трала на концентрацию рыб. Исследования показали, что кабели обладают значительно меньшим концентрирующим

эффектом, чем шлейфы траловых досок. Нижний кабель успешно концентрирует рыб, находящихся только непосредственно у дна (камбаловые) и малоэффективен для придонных рыб, плавающих над дном в 1,0 м и выше (тресковые). Исходя из полученных данных, можно сказать, что *сгоняющий эффект кабелей при расчете облавливаемого тралом пространства также ничтожно мал* и им можно пренебречь.

5.2. Обоснование выбора значений коэффициента уловистости (теоретический и практический аспекты)

Процесс облова стайных видов рыб траллируемым орудием лова состоит из следующих этапов: захват косяка, направление его в удерживающую часть и на конечном этапе - аккумуляция в зоне накопления. Результативность каждого из этапов зависит от многих факторов, основными определяющими из которых являются: конструктивные особенности траловой системы, техника и режимы траления, временной фактор, биологическое состояние объекта промысла и его поведение.

Подводные наблюдения за процессом лова показали, что стайные рыбы имеют некий стереотип поведения при облове тралом независимо от вида. В устьевой части трала рыбы, как правило, не испытывают беспокойства, затем по мере прохода в сужающуюся часть трала беспокойство нарастает и достигает такой степени, что рыбы предпринимают настойчивые попытки выхода из облавливаемого пространства. Наблюдатели, проводившие исследования процесса облова рыб путем визуальных наблюдений из подводных аппаратов, отмечали, что подавляющее большинство рыб при прохождении внутри трала от направляющей зоны, до начала аккумулялирующей, ориентированы головой в сторону устья трала (Коротков, Кузьмина, 1972; Обвинцев, 1975).

Условно облавливаемое пространство можно разделить на 4 зоны:

I – *зона спугивания*, включает расстояние от досок до сечения по центру гужа верхней подборы. В этой зоне попавшие в облавливаемое пространство рыбы не изолированы от свободной от облова окружающей среды, рыба может уйти из зоны облова вверх, между шлейфами траловых досок и крыльями трала.

II – *зона захвата*. В этой зоне рыба уже находится в полностью изолированном пространстве. У рыбы есть возможность выхода через крупноячеиную в этой зоне сетную (или канатную) оболочку трала, но, как правило, этого не происходит из-за отпугивающего эффекта сетной оболочки и достаточно большого для свободного перемещения объекта облавливаемого пространства. Косяк постепенно уплотняется.

III – *зона удержания*. По мере продвижения косяка вглубь трала и сужения сетной оболочки ограничиваемое облавливаемое пространство, плотность косяка увеличивается и когда расстояние между рыбами в косяке становится критическим, рыба перестает отпугиваться траловой оболочкой и проявляет стремление через нее уйти. Если размер ячей позволяет, то часть рыбы выходит из облавливаемого пространства сквозь сетную оболочку или объеживаются в ней. Часть трала, в которой наблюдается такой эффект, называется «критической» зоной, а начало этой зоны «критическим» сечением (Коротков, Кузьмина, 1972). Если размер ячеей не позволяет рыбе выйти из трала в этой зоне, процесс облова продолжается и рыба переходит в следующую зону.

IV – *зона накопления* (цилиндрическая часть тралового мешка) имеет наименьшее геометрическое раскрытие сетной оболочки, а размер ячеей соответствует минимальному разрешенному. В этой части трала улов аккумулируется, попавшие в эту зону рыбы не могут выйти через ячею, за исключением мелких особей, размеры которых позволяют отсеяться через ячею.

Кроме того, следует отметить, что действующие Правила рыболовства предусматривают обязательное использование на траловом промысле трески селективных решеток Sort -V, которые устанавливаются перед траловым мешком и способствуют селективному выходу рыб непромысловой длины. Влияние селективной решетки на формирование величины улова и его размерно-возрастной состав не учитывалось, так как с ее помощью из скопления отсеиваются мелкие рыбы не входящие в промысловый запас.

Таким образом, анализируя процесс облова косячных скоплений рыбы тралом и поведение объекта лова, можно определить такую форму зон захвата, удержания и накопления, при которой исключается выход рыбы через поверхность оболочки трала. Приняв такую форму трала за эталон и сравнивая ее с формой реальных тралов, можно рассчитать выход

рыбы из этих зон действия, и оценить уловистость трала для рыб различной длины, т.е. дифференциальную уловистость. Эта задача может быть решена с помощью:

- технической документации на трал и параметров режима и результатов траления (скорость, продолжительность траления, величина улова);

- параметров и данных о составе скопления (высота скопления, размерный состав пробы из улова, биометрических параметров тела рыбы, дистанция реагирования объекта на детали трала).

При расчете эталонной формы трала принимаются следующие допущения:

- мощность судна достаточна для буксировки трала с проектной скоростью;

- центр скопления при подходе к сечению по гужу верхней подборы трала находится на оси симметрии трала;

- раскрытия поперечных сечений от гужа до предельного обеспечивают прохождение скопления с учетом его сжатия;

- наибольшая степень сжатия скопления в любом сечении не превышает предельной.

Дифференциальная уловистость трала для трески определяется как:

$$\varphi_i = \Psi_{1i} \Psi_{2i} \Psi_{3i}; \quad (4)$$

где: φ_i – коэффициент уловистости трала для трески i - длины;

Ψ_{1i} – коэффициент захвата;

Ψ_{2i} – коэффициент удержания в критической зоне;

Ψ_{3i} – коэффициент селективности.

Коэффициент захвата определяется как функция максимальной скорости рыбы длиной l_i , скорости траления, размеров косяка, дистанции реагирования на детали орудий лова, раскрытия трала.

Среднее значение коэффициента захвата выражается следующим образом:

$$\Psi_{ii} = 2V/V_{ii} - 1, \quad (5)$$

где: V – скорость траления, м/с;

V_{ii} – максимальная скорость рыбы длиной l_i ; м/с.

Максимальная скорость перемещения для тресковых рыб может быть определена как:

$$V_{ii} = 5 l_i \quad (6)$$

Коэффициент удержания является функцией длины, вертикальной и горизонтальной скоростей перемещения рыб от сетного полотна к оси трала, высоты и ширины скопления в данном сечении оболочки трала, а так же геометрических характеристик секций трала (раскрытия, размера ячеи, коэффициентов раскрытия ячеи, углов атаки сетного полотна).

Определение коэффициентов удержания в той или иной части проведено путем сравнения формы эталона (траектории рыбы данного размера, находящейся на границе скопления вдоль трала) с формой трала в данном сечении, т.е. условия $\gamma_p < \gamma_{тр}$.

где: γ_p – угол наклона траектории рыбы к оси трала;

$\gamma_{тр}$ – угол атаки сетного полотна.

При этом принято, что рыбы каждого размера имеют равную вероятность оказаться на краю скопления, а скорость вертикального и горизонтального перемещения (сжатия косяка) по оси трала равна нулю.

Расчет параметров сжатия косяка по нормальным сечениям оболочки трала производился по формулам:

$$h_i = h_{i-1} \times \exp\left(-\frac{V_{2i}}{V} \cdot \frac{\Delta x_i}{h_{i-1}}\right) \quad (7)$$

$$b_i = b_{i-1} \times \exp\left(-\frac{V_{3i}}{V} \cdot \frac{\Delta x_i}{b_{i-1}}\right) \quad (8)$$

где: $h_i b_i$ – половина высоты и ширины косяка в i -том сечении;

Δx_i – горизонтальное расстояние между сечениями;

V_2 и V_3 – вертикальная и горизонтальная скорости перемещения рыбы от сетного полотна к оси трала при сжатии косяка, соответственно, м/с. С учетом обеспечения условий сгона рыб от оболочки трала к его оси эти скорости приняты равными $V \sin \gamma \cos \gamma$, где γ – угол атаки сетного полотна.

Дистанция реакции трески на орудия лова принята нами равной 1,5 м.

Коэффициент удержания определяется как:

$$\Psi_2 = \Psi_{2Г} \Psi_{2В}; \quad (9)$$

где: $\Psi_{2Г}$ – коэффициент удержания рыб в горизонтальной плоскости трала;

$\Psi_{2В}$ – коэффициент удержания рыб в вертикальной плоскости трала. Эти коэффициенты определяются отношением площади горизонтальной (вертикальной) проекции трала от сечения по верхнему гужу до пересечения траектории рыбы с боковой (верхней) кромкой трала ко всей площади горизонтальной (вертикальной) проекции трала от нулевого сечения до сечения по мешку трала.

Отсев рыбы через ячейю аккумулялирующей зоны трала (мешка) определяется по формуле:

$$\psi_{3i} = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{l_{\max}(l_{50\%} - l_i)}{l_{\min} a}\right)} \quad (10)$$

где: l_{\max} , l_{\min} , $l_{50\%}$ - длина рыб в улове максимальная, минимальная и длина 50% рыб которой отсеивается, a – шаг ячеи.

Длина рыб при отсеве 50%:

$$l_{50\%} = k_s B \cong 2ak_s \quad (11)$$

где: k_s – коэффициент селективности;

B – внутренний размер ячеи.

Общий коэффициент уловистости φ равен:

$$\varphi = \frac{P_{ул}}{P_0}, \quad (12)$$

где $P_{ул}$ – масса улова, т;

P_0 - масса обловленного скопления, определяемая выражением:

$$P_0 = \sum_{i=1}^n \frac{P_{yli}}{\varphi_i} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{yl} n_i G_i}{\varphi_i \sum_{i=1}^n (n_i G_i)}, \quad (13)$$

где P_{yli} - масса рыб длиной l_i в улове;

n_i - количество рыб длиной l_i в пробе из улова;

G_i - масса рыб длиной l_i .

Так как коэффициент уловистости (КУ) в данном случае используется для оценки величины промыслового запаса трески, то целесообразно рассматривать значения КУ только для рыб промыслового размера. Согласно "Правилам рыболовства...", минимальная промысловая мера (длина) трески, при промысле в Баренцевом море составляет 42 см. Минимальный внутренний размер ячеи в трале 125 мм.

На рисунке 19 показана зависимость значений коэффициента уловистости донного трала с селективной вставкой пр. 2561 (код 230), который является наиболее часто используемым орудием лова среднетоннажного флота при промысле трески. Для оценки значений КУ в зависимости от размера рыб, данные группировались путем осреднения для 5 см размерного класса: 42-45, 46-50, 51-55 см и далее. Значения коэффициента уловистости, полученные путем теоретических расчетов по выше приведенной методике, находятся в диапазоне 0,011-0,59. Среднеарифметическое значение коэффициента уловистости для трески промысловой длины (42-100 см) составило 0,269.

Ранее широко использовавшиеся средства и методы подводного наблюдения, позволили сотрудникам ПИНРО разработать соответствующую методику и провести ряд экспериментов по прямой оценке КУ на промысле трески и других объектов (Заферман, Серебров, Попков, 1987).

Принцип экспериментального измерения КУ состоит в определении плотности скопления гидробионтов и их численности в обловленном пространстве, и сравнение этой численности с уловом. Методика синхронных измерений КУ заключающаяся в проведении оценки, количества рыб различных размерных групп в зоне облова с помощью буксируемого подводного аппарата (ПА) «Тетис», и сравнении этого количества с численным и размерно-возрастным составом улова была разработана Заферманом, Серебровым и Попковым (1987). Авторами методики были получены КУ донных тралов для некоторых объектов промысла, в том числе и для трески.

Экспериментальная оценка КУ трески проводилась на донном трале 43,6/39,6 м. Этот трал является близким по параметрам широко используемых в настоящее время для промысла трески тралов проектов 2517 и 2479 (соответствующие кодам 228, 227). Донный трал 43,6/39,6 м во время проведения эксперимента также имел траловый мешок с размером ячеи 125 мм, селективная решетка отсутствовала. Учитывая сложность точного определения размеров рыб, исследователи объединяли полученные данные по 10-сантиметровым размерным группам. Расчет КУ проводился по осредненным для каждой из этих размерных групп значениям. В таблице 7 приведены данные КУ трески для донного трала 43,6/39,6 м с размером ячеи в траловом мешке 125 мм полученные экспериментальным путем (Заферман, Серебров, Попков, 1987).

По результатам экспериментального определения КУ трала на промысле трески, авторами было установлено, что КУ значительно изменяется для различных размерных групп трески. На рисунке 20 приведен график зависимости значений КУ от изменения размера облавливаемой трески. На графике, определенные экспериментально, значения КУ отнесены к длине рыб, находящихся в середине размерного диапазона каждой 10 сантиметровой размерной группы (т.е. в диапазоне 36-45 см середина 40 см, 46-55 см - 50 см и т.д.). Интерполируя полученные значения КУ на весь размерный ряд облавливаемого скопления, нами были получены значения КУ для трески с дискретностью 1 см, которые в дальнейшем группировались в 5 см размерные классы, аналогичным тем диапазонам, которые нами применялись для теоретических расчетов КУ.

В таблице 8 приведены результаты оценки КУ донных тралов, как по данным теоретических расчетов, так и по экспериментальным наблюдениям. Кроме того, приводятся осредненные и максимальные значения. По-

нашему мнению более обоснованными являются осредненные значения КУ. Именно эти значения в дальнейшем будут использованы нами для введения соответствующих поправок на наблюденную численность трески.

Как видно из таблицы, значения КУ, полученные для различных размерных групп трески теоретическим (расчетным) методом и экспериментальным путем, имеют существенные различия, хотя средние величины для всего размерного диапазона довольно близки.

Как следует из полученных результатов, значения КУ полученные расчетным методом для более крупных рыб имеют большие значения. Различие КУ для рассматриваемых тралов можно объяснить следующими причинами:

1. Донный трал 43,6/39,6 м (аналог пр. 2517, 2479), для которого значения КУ определялись экспериментально, имеет большие геометрические параметры входного устья, чем трал пр. 2561, для которого выполнялся теоретический расчет (см. табл. технических характеристик тралов).
2. При проведении экспериментального определения КУ донного трала 43,6/39,6 м, трал не имел селективной системы, что способствовало облову более мелкой рыбы, в то время как трал пр. 2561 в настоящее время используется только с селективной вставкой.
3. Если донный трал 43,6/39,6 м был оснащен обычным жестким грунтотропом, основу которого составляют катящиеся по грунту металлические бобинцы, то современные донные тралы обычно оснащаются грунтотропами рокхопперного типа, которые «волочатся» по грунту и исключают возможность ухода крупных особей под грунтотроп.

При расчетах, связанных с определением промыслового запаса, возможно использование значений КУ применительно к 5 см размерным группам:

- расчетного КУ для наиболее широко применяемого среднетоннажным флотом донного трала пр. 2561;

- учитывая возможные различия оснастки донных тралов, использования на однотипных судах разных тралов, в том числе и имеющих значительно разнящихся параметров входного устья, целесообразно применение осредненных коэффициентов уловистости, полученных расчетным и экспериментальным способами.

5.3. Алгоритм расчета биомассы по данным траловых уловов с использованием ГИС ArcVIEW

Оперативная информация о российском траловом промысле трески в Норвежском и Баренцевом морях поступает во ВНИРО в виде судовых суточных донесений Отраслевой системы мониторинга.

Для оценки биомассы трески разработана и апробирована методика с использованием программной технологии географических информационных систем.

Алгоритм обработки массивов промысловой информации заключается в следующем (для примера рассмотрена обработка данных за 2007 год):

А. Предварительная подготовка массивов данных в виде таблицы в СУБД Oracle.

1). Производится выборка данных из годового массива ССД, соответствующих вылову трески и попадающих в акваторию, ограниченную 68-80 градусами северной широты и 5-55 градусами восточной долготы.

2). С помощью справочника судов добавляются столбцы с информацией о типе судна.

3). С помощью справочника орудий лова добавляется информация о ширине раскрытия трала и скорости траления в зависимости от типа судна.

Б. Обработка данных в географической информационной системе (ГИС).

1). На первом этапе работ создаётся сетка полигонов, полностью покрывающая районы промысла, который представлял собой прямоугольник в географической системе координат с размерами: 68–80° с.ш., 5–55° в.д. Для этого при помощи скрипта Grid Generation создается полигональная тема с единичными полигонами в 2° по долготу и 0.5° по широте.

2). Затем полигональная тема обрезается темой *Country.shp* (тема «Суша») опцией XTools инструментом *Erase Features*.

В итоге получается полигональный слой, представленный на рисунке 2 раздела «Приём данных и их обработка».

3). Тема временно переводится во View с равновеликой цилиндрической проекцией, и с помощью скрипта AV 3.2. *calcapl.ave* просчитываются площади всех полигонов в квадратных метрах. Значения площадей полигонов заносятся в столбец атрибутивной таблицы сетки полигонов.

4). Из массива судовых данных создаётся шейп-файл (создается тема события *tr2007na.shp*). Для этого производится подключение ГИС к серверу базы данных Oracle с помощью механизма обмена данными ODBC и производится импорт в виде таблицы массива подготовленных на этапе (А) данных по вылову трески за 2007 год.

5). Для привязки судовых донесений к соответствующим расчётным полигонам проводится пространственное объединение точечной темы промысловых данных *tr2007na.shp* и сетки полигонов *сетка_0_5_2_треска.shp*:

-открыть таблицу атрибутов полигональной темы *сетка_0_5_2_треска.shp*, выделить поле Shape,

-открыть таблицу атрибутов точечной темы промысловых данных *tr2007na.shp*, выделить поле Shape,

-нажать кнопку *соединить* – в результате в таблице точечной темы

tr2007na.shp к атрибутам вылова добавятся атрибуты полигонов, в которых приведен вылов,

-сохранить полученный результат в виде новой точечной темы *tr2007na_poly.shp*, в атрибутивной таблице которой появляется столбец ID с номерами полигонов,

-в таблице темы *tr2007na.shp* убрать соединение, сохранить проект.

6). В режиме редактирования добавить в таблицу темы *tr2007na_poly.shp* числовые поля (столбцы) и провести расчёт соответствующих значений с помощью инструмента «Вычислить»:

prilov – отношение улова трески к общему улову судна за сутки,

ln_ul – натуральный логарифм улова,

ul_vrem – улов на час траления,

ln_ul_vrem – натуральный логарифм улова на час траления,

density – плотность скоплений трески (тонн на квадратный км), рассчитывается по формуле:

$$\text{density} = \text{ul_vrem} / (\text{k} * \text{width} * \text{vel} * 1.852 / 1000)$$

(где *k* - коэффициент уловистости трала, *width* – горизонтальное раскрытие трала в метрах, *vel* – скорость траления в узлах),

ln_density – натуральный логарифм плотности.

7). Удаляются записи, соответствующие прилову. В качестве решающего правила принято, что улов трески должен быть строго

больше половины суточного улова судна. Результат сохраняется в виде темы *tr2007na_poly_pril.shp*.

8). С помощью инструмента *сортировка по возрастанию* выбираются записи по условию *ul_vrem > 2* тонн, что предполагается ошибочным значением, и, если таковые имеются, то записи удаляются. Результат сохраняется в виде темы *tr2007na_poly_pril_2.shp*.

9). Проверку гипотезы о логнормальном распределении величины вылова на час траления можно, загрузив тему *tr2007na_poly_pril.shp* в ГИС ArcGIS 9.1. После открытия атрибутивной таблицы темы вычисляется статистика с построением гистограмм распределения для полей *ul_vrem* и *ln_ul_vrem*. Результирующие гистограммы ранее были представлены на рисунках 5, 6.

Из рисунка 5 видно, что распределение вылова сильно несимметрично и заведомо отличается от нормального распределения.

Напротив, распределение логарифма вылова симметрично и вполне удовлетворительно описывается нормальным распределением (рис. 6).

Таким образом, принимается гипотеза о нормальном распределении логарифма вылова, и все дальнейшие вычисления статистических величин проводятся исходя из этой гипотезы.

10). Подготовка полигональных тем для расчёта биомассы за каждую половину месяца (проводится в ГИС ArcView):

- открыть таблицу точечных судовых данных *tr2007na_poly_pril_2.shp*, сделать активным поле ID,

- открыть генератор запросов,

- сделать запрос по интервалу осреднения по полю даты,

- произвести расчёт статистики, результат которого поместить в таблицу *sum2007mmn*, где *mm* – месяц, *n* – первая или вторая половина месяца, поля в таблице статистики: *ID*, *count*, *ave_ln_dens*, *stddev_ln_dens*,

- в таблице статистики сделать активным поле *ID*,

- открыть таблицу сетки полигонов, активизировать поле *ID*,

- связать таблицы по полю *ID*,

- сохранить таблицу сетки полигонов со связанной статистикой в полигональном шейп-файле *tr2007na_polyMMN.shp*, где *MM* – месяц, *N* – первая или вторая половина месяца,

- удалить строки с нулевым значением поля *count* в таблице полигональной темы *tr2007na_polyMMN.shp*,

- удалить все соединения из таблицы сетки полигонов,

- обнулить выборку, сохранить проект.

Эта процедура повторяется для каждой 15-дневной выборки судовых данных.

11). Расчёт биомассы. Проект загружается в ГИС ArcGIS 9.

- открыть таблицу атрибутов подготовленного на предыдущем этапе полигонального шейп-файла *tr2007na_polyMMN.shp*,

- включить режим редактирования таблицы,

- с помощью инструмента «Вычислить значение» рассчитать оценки значений минимальной, средней и максимальной биомассы трески для

каждого квадрата, используя записанные в виде программных скриптов формулы,

- сохранить результат вычислений,

- в помощью инструмента «Статистика» вычислить статистику по каждому из столбцов: *min*, *ave* и *max*. «Сумма» в таблице статистики соответствует суммарной оценке биомассы в рассматриваемый 15 – дневный период.

12). Для построения карт пространственного распределения плотности скоплений в таблицы полигонов *tr2007na_polyMMN.shp* добавляется столбец *ave_den*, в который с помощью инструмента «Вычислить значение» заносятся величины *exp(ave_ln_dens)*. По этому полю загружается универсальная легенда для карт плотности скоплений.

5.4. Динамика размерно-весовой структуры трески в уловах

Северо-восточная атлантическая треска, как и большинство других массовых видов рыб, представляет собой крупную биологическую систему, структуру и функциональную особенность которой на современном этапе знаний зачастую невозможно адекватно отразить формальными средствами. Существенная информация о такой системе может быть получена на основании реакции, которой данная система отвечает на определенные воздействия внешней среды. Важнейшими интегрированными показателями, характеризующими биологическое состояние, являются: весовая, размерная и возрастная структуры промыслового запаса. Изменчивость этих параметров в сочетании с оценкой биомассы являются важнейшими признаками, которые используются для диагноза состояния запаса промысловых видов и дальнейших рекомендаций по их рациональному использованию.

Баренцевоморская треска относится к тем видам, у которых урожайность поколений подвержена значительной межгодовой изменчивости. Различные по численности поколения трески Баренцева моря

легко обнаруживаются при анализе возрастного состава промысловых уловов. Исследования показали (Кузнецова, Бондаренко, 2007), что одно урожайное поколение в течение ряда лет составляло существенную долю в уловах. Известно, что условия нагула в значительной мере определяют размерно-весовую структуру различных поколений. В связи с тем, что условия среды не остаются постоянными, а год от года меняются, "индивидуальная" структура запаса (размеры, возраст, вес в каждый год) имеет межгодовую изменчивость. Поэтому существует необходимость в проведении ежегодных исследований, направленных на сбор и анализ данной информации.

Имеющийся материал, собранный наблюдателями ВНИРО на отечественных среднетоннажных судах из районов промысла и обработанный в лаборатории экологии рыб ВНИРО, показал, что размерный состав в течение 2001-2007 гг. не был постоянным, и год от года менялся. В промысловых уловах размеры рыб варьировали от 21 см до 100 см и более. Однако для нас наибольший интерес представляют особи, имеющие размеры, превышающие минимальную промысловую меру. Данные 2001-2007 гг. свидетельствуют о том, что основу промысловых уловов составляли рыбы размерами от 51 до 70 см. Доля каждого размерного класса в структуре запаса имела значительную межгодовую изменчивость. Так, доля рыб размерами 51-55 см в 2003 г. составляла 8,0%, а на следующий год она возросла до 19,8%. В размерном классе 66-70 см максимальное значение (19,0%) отмечено в 2003 г., а минимальное – в 2005, 2007 гг. – 8,2-8,3% (рис.21).

Аналогичная ситуация наблюдалась и при анализе изменчивости весовой структуры. Внутри одного размерного класса существенные различия в средней массе тела были обнаружены, начиная с размерной группы 41-45 см. Так, в 2007 г. средний вес рыб составлял 642 г, а в 2001 г. - 747 г. (разница составила 16%). Максимальный размах средних значений массы рыб внутри одной размерной группы обнаружен у рыб длиной 81-85 см – от 4,6 кг до 5,5 кг (разница составила 0,9 кг или 19,6%). На рисунке 22 показаны значения среднего веса рыб в промысловых уловах в размерных классах от 41-45 см до 91-95 см.

Из приведенных выше материалов (подглава 5.2), касающихся селективности орудий лова, следует, что коэффициент дифференциальной уловистости в существенной мере зависит от размеров рыб. Несмотря на то, что размер ячеи трала избирательно воздействуют на рыб, отбирая из

популяции преимущественно особей средних размеров, представление о том, что размерный состав улова реально отражает размерную структуру популяции, преобладает у многих биологов. Однако, это возможно лишь при условии отсутствия избирательности промысла. Многочисленные публикации различных исследователей показали, что селективность промысла характерна для любых орудий лова. Следовательно, для реального представления о размерной структуре промыслового запаса, необходимо вводить поправочный коэффициент (дифференциальную уловистость), который позволит получить более реальное представление о соотношении различных размерных групп трески.

5.5. Оценка биомассы трески с учетом плотности и особенностей размерно-весовой структуры промыслового запаса

Промысел трески в Баренцевом и Норвежском морях ведется практически круглый год. Однако в течение года промысловая активность российского флота в районе исследований не была постоянной. Анализ динамики относительного вылова трески показал, что в 2000-2006 гг. наиболее существенное значение для промысла имел весенне-летний сезон (рис. 23), особенно "ударными" были май-июнь, доля каждого из них составляла около 14% от годового улова. Зимне-весенний и осенне-зимний сезоны не имеют столь существенного значения для промысла, как летние месяцы. За период 2000-2006 гг. вылов трески в апреле-августе в среднем составлял 54.9% от годового улова.

Как ранее сообщалось, промысловая биомасса определялась нами многократно, с частотой 2 раза в месяц. В апреле-декабре 2000-2007 гг. было получено 144 значения средней промысловой биомассы, а если учесть, что в расчетах учитывались минимальные и максимальные значения, то общее количество определений биомассы составило 432. Однако, известно, что в практике рыбохозяйственных исследований для каждого года обычно принимают одну оценку запаса. Для того, чтобы определить, на сколько данная цифра обоснована, необходимо предварительно проанализировать сезонную изменчивость биомассы трески. Как видно из данных 2007 г., сезонный максимум средних значений биомассы трески наблюдался в мае-августе (рис. 24). Следовательно, относительно стабильные цифры указывают на достаточно надежные оценки запаса.

Анализ сезонной изменчивости биомассы трески в другие годы также показал, что в апреле-августе оценки промыслового запаса оставались на относительно стабильном уровне. Таким образом, динамика сезонного вылова и отсутствие значительной изменчивости полученных оценок запаса позволяют с уверенностью говорить о том, что период апрель-август может быть принят в качестве "реперного" и в дальнейших расчетах необходимо опираться на оценки запасов, полученные именно в это время.

Как ранее указывалось (подглава 5.2), наши представления о размерном составе трески, полученные из траловых уловов, не соответствуют реальным значениям, так как орудия лова обладают селективностью (избирательностью). Введение в расчеты оценки запасов поправки на дифференциальную уловистость позволяет более реально судить о размерном составе. Известно, что при составлении вариационных размерных рядов, биологи используют безразмерную единицу – процент. Однако, для оценки биомассы необходима численность, выраженная в абсолютных, а не относительных величинах.

В соответствие с алгоритмом расчета (подглава 5.3) по данным траловых уловов с применением ГИС ArcVIEW был оценен средний запас трески для периода апрель-август 2000-2007 гг. В связи с тем, что в дальнейшем в расчеты будет вводиться поправка на дифференциальную уловистость, то на предварительном этапе, на котором определяется численность рыб, коэффициент уловистости был принят условно равным 1. В таблице 9 представлены расчетные данные численности рыб, которые определены как частное от деления биомассы и среднего веса рыб (данные биоанализов) в уловах 2001-2007 г.

В таблице 10 показана процедура расчетов биомассы трески, выполненная в качестве примера для 2007 г. Аналогичная процедура расчета применялась и для 2001-2006 гг. Согласно полученным наблюдениям 2007 г., основу промысловых уловов составляли особи размерами от 51 до 65 см. Существенной была также доля рыб менее 40 см – 8,1%. Общая численность рыб (млн. шт), полученная ранее, и наблюдаемый для каждого года размерный состав (%), позволили рассчитать численность особей в каждом размерном классе (графа 3).

Следующим этапом расчетов было введение поправки на уловистость для каждой размерной группы. Численность рыб с учетом

уловистости определялась как частное от деления рассчитанной численности каждого размерного класса без учета КУ (графа 3) на значение дифференциального КУ (графа 4). В дальнейшем, рассчитанная таким образом численность рыб (графа 5) умножалась на средний вес рыб в уловах (графа 6).

Следует отметить, что особи длиной 96 см и более в расчетах не учитывались, так как низкое значение коэффициента уловистости и высокий вес рыб этой размерной группы могут в отдельные годы существенно исказить конечный результат. Таким образом, крайние размерные классы: до 40 см и более 96 см нами в расчетах не учитывались. В последней графе представлены данные по биомассе рыб в каждом размерном классе.

При сравнении наблюдаемого размерного состава (графа 2) с полученными значениями биомассы (графа 7) обнаружилось следующее. Если в первом случае максимум приходился на рыб длиной 51-65 см, то во втором случае – на особей 81-95 см. Значение размерных классов с 81 по 95 см в промысловой биомассе исключительно велико – 46,6%, тогда как согласно наблюдениям, доля этих размерных классов в уловах по количеству составляет лишь 7,0%. Если учесть, что оценка запасов направлена в конечном итоге на определение ОДУ, который выражается в тоннах, а не штуках, то становится ясно, насколько важно в расчетах запасов применять дифференциальный коэффициент уловистости. Особое значение это имеет в том случае, когда запас оценивается по данным траловых съемок, а промысел осуществляется ярусами, имеющими более выраженную селективность и избирающим из запаса более старших рыб. Если учесть, что естественная смертность трески в этих размерных классах существенно выше, чем в среднеразмерных классах, то становится ясным, какая существенная прибавка возможна, если допустимый улов рассчитывать отдельно для тралового и ярусного способов лова.

Согласно выполненным расчетам, промысловая биомасса трески в апреле-августе 2001-2007 гг. изменялась следующим образом: с 2001 по 2002 гг. наблюдался рост запасов с 2,4 до 2,9 млн. тонн, в 2003 г. было отмечено снижение биомассы до 2 млн. тонн. Затем, после непродолжительного роста промысловой биомассы в 2004 г. до 2,6 млн. тонн, произошло кратковременное ее снижение до 2,2 млн. тонн. В последние годы 2006-2007 гг. наблюдается фаза устойчивого роста - запасы достигли уровня 3-3,5 млн. тонн. Сравнение данных по оценке промыслового запаса трески, полученных с использованием фиксированного коэффициента уловистости ($KY=0,3$)

и дифференциального, учитывающего особенности размерно-весовой структуры запаса показало, что последний способ оценки запаса, как правило, показывает более высокие результаты (рис. 25).

6. ВЕРИФИКАЦИЯ ГИС МЕТОДА

Современное управление промыслом трески Баренцева моря осуществляется при помощи рекомендаций, которые ежегодно предлагаются рабочей группой ИКЕС по арктическому рыболовству, которые в дальнейшем рассматриваются на очередной сессии смешанной российско-норвежской комиссии по рыболовству (СРНК) и, как правило, принимаются без изменений. Таким образом, лица, принимающие решения в СРНК, полностью доверяют данный вопрос ученым.

В таких условиях, «цена ошибки» ученого может иметь серьезные последствия для рыбаков. Как указывалось ранее, в настоящее время метод XSA является единственным, при помощи которого рабочая группа ИКЕС производит не только оценку промыслового запаса трески в период наблюдений, но и осуществляет прогноз запаса и общего допустимого улова с заблаговременностью 1-2 и более лет вперед.

Видимо, бесспорным будет мнение о том, что любые современные методы оценки запасов не лишены недостатков. Однако, когда дело касается *количественной* оценки, на первый план выходит точность метода. В настоящее время данная проблема еще далека от своего решения. Чувствительность и надежность методов – это отдельная проблема, требующая своего решения в будущем.

Сегодня из практики по оценке запасов других важнейших объектов промысла (например, минтая) известно, что применение только одного метода чревато тем, что допущения, являющиеся источниками неопределенности и используемые при расчетах в течение ряда лет, неизбежно дают ошибку, которая может нивелироваться при сравнительном анализе данных. Для того, чтобы оценить, насколько данный метод адекватно оценивает промысловый запас, необходимо его результаты *сравнить* с результатами, полученными другими методами.

В практике рыбохозяйственных исследований широкое распространение получило сопоставление результатов оценки запасов, полученных различными методами. С целью получения объективной информации о запасах трески, авторы поставили перед собой задачу - сравнить результаты оценок запасов трески, полученных различными

методами. В настоящее время рабочая группа ИКЕС по арктическому рыболовству оценивает промысловый запас трески с использованием метода расширенного анализа выживаемости XSA. В основу «настройки» этого метода положены данные промысловой статистики, дополнительно также используются научные данные.

Сравнительный анализ ГИС и XSA методов показал, что в течение 2001-2006 гг. отмечалась не только различная тенденция в динамике промыслового запаса, но и существенно различались собственно оценки запасов. Особенно значительными были различия в 2006 г. Если по XSA методу промысловая биомасса составила 1,3 млн. тонн, то по данным ГИС метода запас был оценен на уровне 3 млн. тонн (рис. 26).

Известно (Васильев, Булгакова, 2007), что метод XSA в силу "конструктивных" особенностей недостаточно адекватно оценивает запасы в условиях "зашумленных" данных. Этому недостатка лишен метод TISVPA. Интересным представляется вопрос о том, как соотносятся тенденции в изменении запаса в оценках, полученных по данным оперативной промысловой статистики, с тенденциями изменений запаса, оцененными по другим данным, используемым, в частности, для оценки запаса трески Рабочей группой ИКЕС по арктическому рыболовству.

Для оценки запаса трески с использованием всей доступной информации нами была использована модель TISVPA, краткое описание которой представлено в подразделе 3.1.2 настоящего методического руководства. В выполненных нами расчетах использовались те же исходные данные, что и в расчетах, проведенных Рабочей группой по арктическому рыболовству ИКЕС с использованием модели XSA (ICES, 2007) – данные по возрастному составу уловов; среднему весу особей по возрастным группам и годам; долям половозрелых рыб по годам. Величина мгновенного коэффициента естественной смертности принята равной 0.2 для всех возрастных групп (каннибализм учитывался путем включения количественных его оценок в матрицу уловов).

Данные по возрастному составу уловов включали в себя *российские* оценки неучтенного вылова. Как и в расчетах по модели XSA на Рабочей группе ИКЕС, использовались 4 индекса численности запаса с возрастной структурой: уловы на усилие (CPUE) российского тралового флота (флот 1); совместные донные траловые съемки (флот 2); совместные акустические

съемки в Баренцевом море и на Лофотенах (флот 3) и российские донные траловые съемки (флот 4). В настройке использовались все имеющиеся данные, в то время как расчет по модели XSA на Рабочей группе проводился по ограниченному интервалу лет (начиная с 1997 г.).

В модели TISVPA g- факторы оценивались для диапазона возрастов с 3 по 11, поскольку в младших возрастах обилён вклад «дополнительных» уловов, отражающих канибализм, а данные по уловам старших возрастных групп и +-группы, как правило, наиболее зашумлены, что снижает устойчивость оценок. Выбранный вариант модели допускает с равной вероятностью наличие ошибки и в данных по возрастному составу уловов, и в сепарабельном описании промысловой смертности (mixed – опция) с обеспечением несмещенности описания моделью логарифмов возрастного состава уловов. Для данных по возрастному составу уловов четкий минимум соответствующей компоненты целевой функции модели хорошо проявлен уже при обычной минимизации суммы квадратов остатков в логарифмах данных по возрастному составу уловов (рис. 27).

Для флота 1 минимизировалась медиана распределения квадратов остатков описания моделью логарифмов индекса численности. Для флотов 2, 3 и 4 единственной опцией, выявившей минимума (т.е. позволяющей избежать вырождения решения из-за значительных ошибок), оказалась минимизация суммы квадратов остатков в описании моделью логарифмов взвешенных по численности запаса возрастных пропорций (на рисунках возрастные пропорции, взвешенные по численности, обозначаются как $Pw(a,y)$). Это вызвано, по-видимому, значительными межгодовыми изменениями в условиях проведения съёмок, приводящими к существенным различиям в абсолютных оценках индексов численности. При этом данные о возрастном составе, выраженном в долях (пропорциях) могут оставаться более надёжными.

Оценки промыслового запаса за 2001-2007 гг., полученные в результате обработки оперативной промысловой информации ГИС методом, использовались в модели TISVPA в качестве относительного индекса биомассы промыслового запаса. Необходимость перевода оценок запаса в индексы связана с тем, что в практике работы рабочей группы ИКЕС по арктическому рыболовству для оценки запасов используются не прямые оценки, а индексы.

Все источники информации (данные по возрастному составу уловов и 4 вида дополнительных данных, а также оценки биомассы промыслового запаса по результатам обработки оперативной промысловой информации, рассматриваемые в качестве относительного индекса биомассы промыслового запаса) несут в себе взаимно непротиворечивую информацию о состоянии запаса (положения минимумов соответствующих компонент целевой функции модели весьма близки). Кроме того, положение минимума общей целевой функции модели, а значит и оценки величины запаса, практически не меняется при введении в рассмотрение оценок FSB (промысловой биомассы), полученных по результатам оперативных промысловых донесений, что естественно, поскольку эти данные несут сходную информацию об относительной динамике запаса и включены в модель наравне с пятью другими видами данных.

Для того, чтобы нагляднее судить о том, как соотносятся тенденции в изменении запаса в оценках, полученных по данным оперативной промысловой статистики, с тенденциями изменений запаса, оцененными по другим данным, сравним оценки биомассы промыслового запаса трески, полученных по модели TISVPA с использованием «сигнала» только от ГИС-оценок промыслового запаса (на рис. 28 обозначены как “TISVPA-1”), с оценками, «оптимизированными» относительно всех остальных видов данных (обозначены как “TISVPA”).

Для сравнения на рисунке представлены оценки FSB, полученные в результате обработки оперативных промысловых донесений (обозначены как FSB(ГИС)), а также оценки, полученные Рабочей группой ИКЕС по модели XSA. Как видно уже непосредственно из рисунка, ГИС-оценки FSB во все годы по уровню выше оценок, полученных по моделям TISVPA и XSA, однако по тенденции изменений оценки, полученные по модели TISVPA, и ГИС-оценки весьма близки. Из общей тенденции, возможно, несколько выпадает лишь ГИС-оценка FSB, полученная для 2002 года: если коэффициент корреляции R между оценками FSB, полученными по модели TISVPA без использования ГИС-оценок, и ГИС-оценками FSB на периоде с 2001 по 2007 гг. равен 0.48, то при исключении оценки 2002 года коэффициент корреляции становится уже равным 0.78.

Общепринятым в практике рыбохозяйственных исследований для характеристики динамики состояния запасов является использование улова на стандартное усилие (CPUE). С целью сравнить насколько оценки запасов, полученные ГИС методом, сопряжены с уловами на стандартное

усилие, авторы сопоставили данные по биомассе в апреле-августе 2001-2007 гг. с уловами на 1 час траления в январе-декабре 2001-2007 гг.

Оказалось, что тенденция динамики промыслового запаса и улова на 1 час траления совпадали практически во все годы, за исключением 2003 г. (рис. 29). Возможным объяснением такого расхождения является холодный температурный режим, который мог оказать влияние на характер распределения промысловых концентраций. Согласно данным ПИНРО (Кольский разрез), именно в 2003 г. отмечалось резкое снижение температурного фона по сравнению с 2002-2006 г. Коэффициент корреляции для всего периода составил 0.46, тогда как при исключении данных 2003 г. его значение было существенно выше – 0.87.

Таким образом, анализ всей доступной информации, использующейся на Рабочей группе ИКЕС и проведенный с помощью модели TISVPA, говорит о сходной тенденции изменений запаса трески в последние годы, что и результаты оценки биомассы промыслового запаса, полученные в результате обработки данных оперативной промысловой статистики (ГИС метод). Различие же в абсолютных величинах может быть обусловлено одним или совокупностью следующих факторов: заниженными оценками мгновенных коэффициентов естественной смертности, занижением статистики по общим объемам вылова, или завышенными оценками эффективных коэффициентов уловистости основных орудий лова.

7. ВЫВОДЫ

1. Метод, основанный на данных промысловой статистики, технологиях географических информационных систем, особенностях размерно-весового состава и дифференциальной уловистости, показал достаточно надежные результаты оценки промыслового запаса трески.

2. Возможности данного метода (названного авторами «ГИС методом») позволяют получать многократно в течение промыслового сезона оценки промыслового запаса.

3. Данный метод можно применять не только для оценки запасов трески, но и других демерсальных рыб, имеющих большое значение в промысле и обеспеченных достаточным массивом суточных судовых донесений.

4. Применение на практике ГИС метода позволит снизить затраты и, следовательно, повысить эффективность сырьевых исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- Аксютина З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических рыбохозяйственных исследованиях//М.: Пищевая пром. – 289 с.
- Борисов В.М., Булгакова Т.И. 2002. Попытка включить факторы среды в зависимость запас-пополнение для трески Северо-Восточной Атлантики. Сб. Тезисов XII международной конференции по промысловой океанологии. – Светлогорск, 9-14 сентября 2002 г. - С.47-48.
- Борисов В.М., Котенев Б.Н. 2005. Смешанная Российско-Норвежская комиссия по рыболовству: плюсы и минусы (к 30-летию образования СРНК). – Рыбное хоз., вып.2. – С.6-8.
- Борисов Б.Н., Елизаров А.А., Нестеров В.Д. 2006. Роль нерестового запаса в формировании пополнения северо-восточной арктической трески *Gadus morhua*. – Вопросы ихтиологии, т. 46, № 1. – С.77-86.
- Булгакова Т.И. 2004. Экосистемный подход к оценке запасов и регулированию промысла// Вопросы промысловой океанологии. - Вып.1. - М.: Изд-во ВНИРО. - С.275-295.
- Васильев Д.А., Булгакова Т.И. 2007. Альтернативная оценка запаса баренцевоморской трески с использованием модели TISVPA. // Рыбное хозяйство. - N5. - С.54-60.
- Габрюк В.И., Кулагин В.Д. 2000. Механика орудий лова и АРМ промысловика. – М.: Колос. – 416 с.
- Коротков В.К. 1973. Положение турбулентных шлейфов относительно линии кабелей и их влияние на поведение рыб в зоне облова. // «Рыбное хозяйство», № 6 – 1973. С. 46-50.
- Коротков В.К. 1999. Обоснование рациональных параметров трала и технологии лова рыбы с учетом ее оборонительной реакции. Автореферат диссертации в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора технических наук. - М. – 59 с.
- Коротков В.К., Кузьмина А.С. 1972. Трал, поведение объекта лова и подводные наблюдения за ними. – М.: Пищепромиздат. – 269 с.
- Котенев Б.Н., Булатов О.А., Васильев Д.А., Борисов В.М., Моисеенко Г.С. 2007. Оценка запасов трески Баренцева моря // Рыбное хоз., вып.5. – С.51-53.
- Кузнецова Е.Н., Бондаренко М.В. 2007. Долговременные изменения возрастного состава и темпа роста трески Баренцева моря //Рыбное хоз., вып.5.- С.66-70.
- Обвинцев А.Л. 1975. О взаимодействии объекта лова с тралом // Рыбное хозяйство. – №1. – С. 48-51.
- Заферман М.Л., Серебров Л.И., Попков Г.В. 1987. Методические указания по определению уловистости тралов подводными методами. – Мурманск: ПИНРО. – 68 с.
- Заферман М.Л. 2002. Подводные технологии в рыбохозяйственных исследованиях и промышленном рыболовстве. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. - Мурманск – 294 с.
- Серебров Л.И., Попков Г.В. 1982. Определение коэффициента уловистости донного трала с помощью БПА "Тетис" // Рыбное хоз-во. - № 8.- С. 59-61.
- Шатохин Б.М. 2004. Исследование закономерностей и механизмов формирования зон повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности, как основа новых подходов в планировании учетных съемок запасов и поиска промысловых скоплений // Вопросы промысловой океанологии. - М., ВНИРО. - Вып.1. - С. 147-167.

Bogstad B., D. Howell, M.N. Asnes. "A closed life-cycle model for Northeast Arctic cod." ICES C.M. 2004/K:26.

Bulgakova T. 2005. Development of the simulation model to test the new HCR for the NEA cod. WD#14 for AFWG-2005. - Murmansk. - 9 p.

Gavaris, S. 1988. An adaptive framework for the estimation of population size.// Canadian Atl. Fish. Sci. Adv. Commn. (CAFSAC) Res. Doc. 88/29. -12 p.

ICES 2007. ICES AFWG Report. 2007, p. 128-265

Kizner Z.I. and D.A.Vasilyev. 1997. Instantaneous Separable VPA (ISVPA). ICES Journal of Marine Science, 54, N 3: p.399-411.

Shepherd J.G. 1991. Extended Survivors' Analysis: an improved method for analysis of catch-at-age data. //ICES Working Group on Methods. June 1991. Working paper . -16 p.

Svendsen E. 2007. 700 million new cod recruitment in 2008. ICES insight.- No 44. September 2007. - p. 8-9.

Vasilyev, D. 2004. Winsorization: does it help in cohort models? ICES CM2004/K:45.

Vasilyev D. 2005. Key aspects of robust fish stock assessment. M: VNIRO Publishing, 2005. 105 p.

Vasilyev D. 2006. Change in catchability caused by year class peculiarities: how stock assessment based on separable cohort models is able to take it into account? (Some illustrations for triple-separable case of the ISVPA model - TISVPA). ICES CM 2006/O:18. 35 p.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

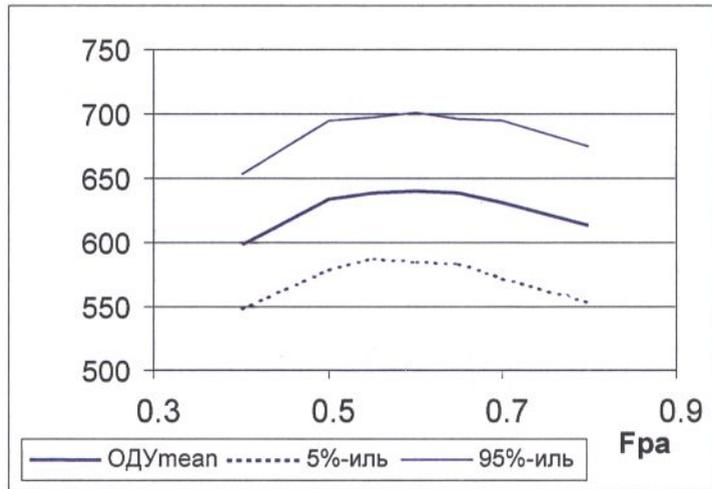


Рис. 1. Средняя величина ОДУ для интервала 1982-2006 и ее процентиля в зависимости от значений ориентира управления Гра. (По результатам стохастических прогонов модели)

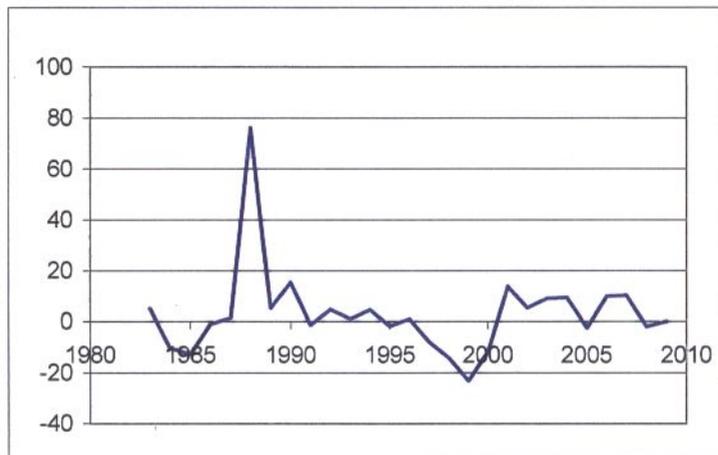


Рис. 2. Межгодовые изменения вылова в % при трехлетней схеме управления и допустимом пределе изменений вылова 10% по результатам моделирования

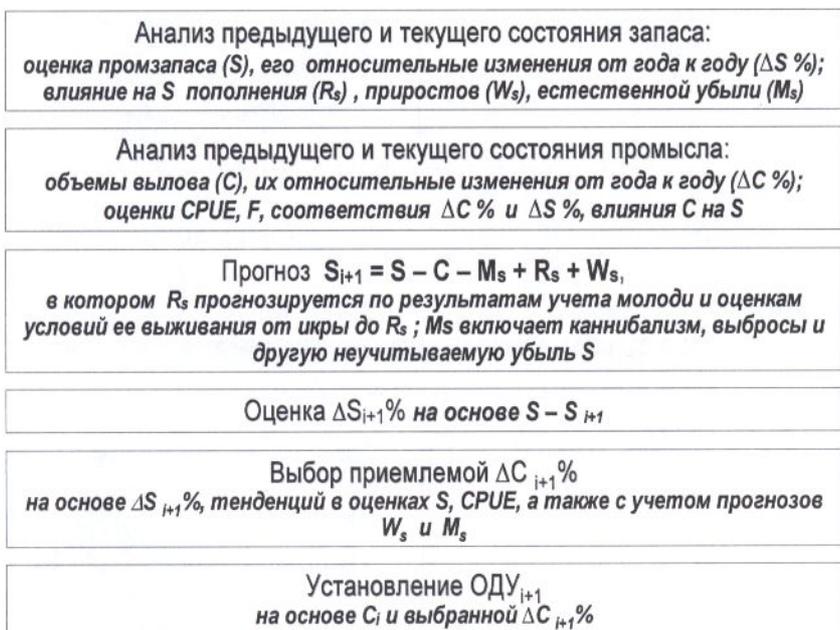


Рис. 3. Основные элементы установления ОДУ трески

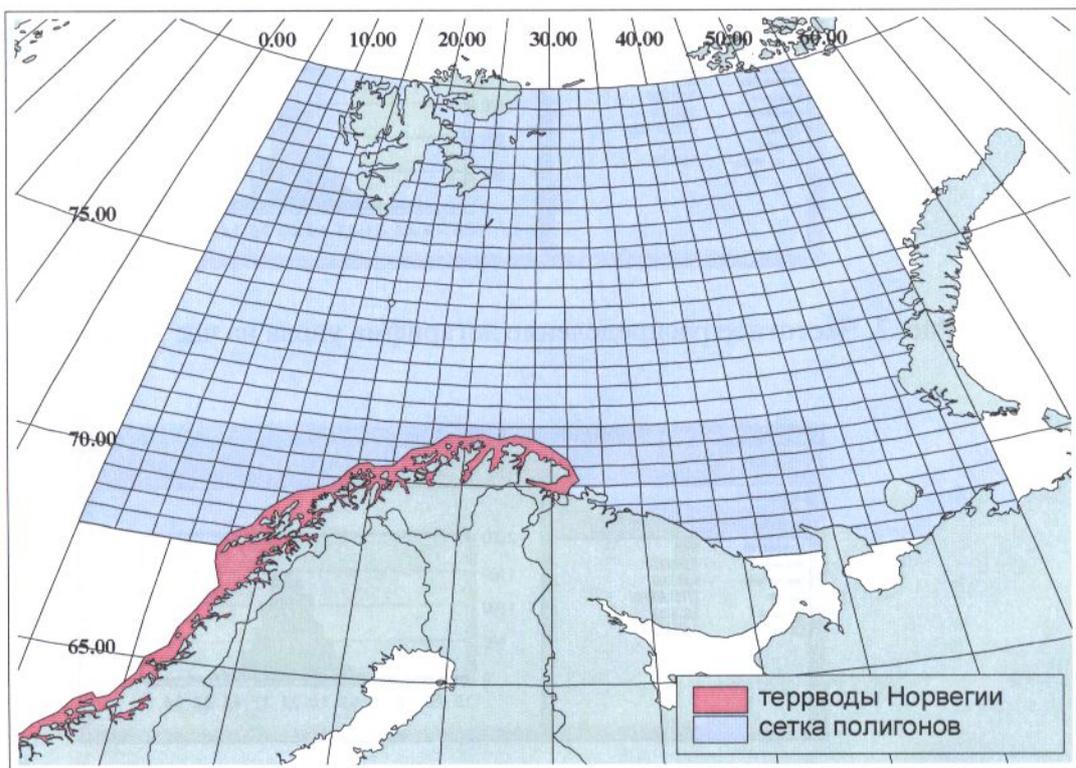


Рис. 4. Расчётная область в равнопромежуточной азимутальной проекции

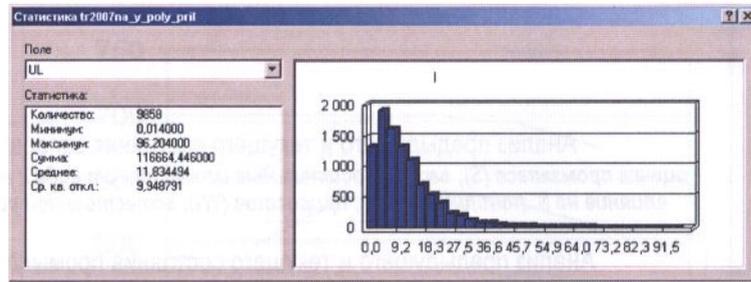


Рис. 5. Частотное распределение уловов (тонн/сутки лова)

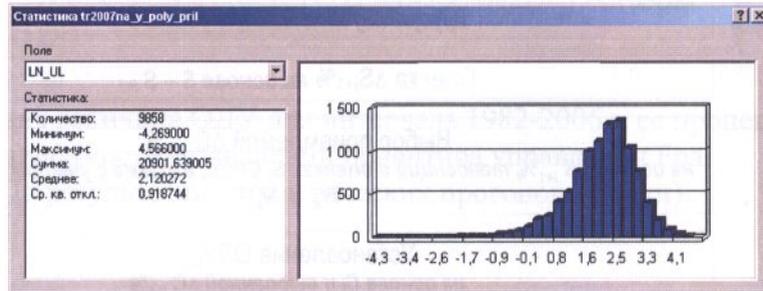


Рис. 6. Частотное распределение логарифма улова на сутки лова

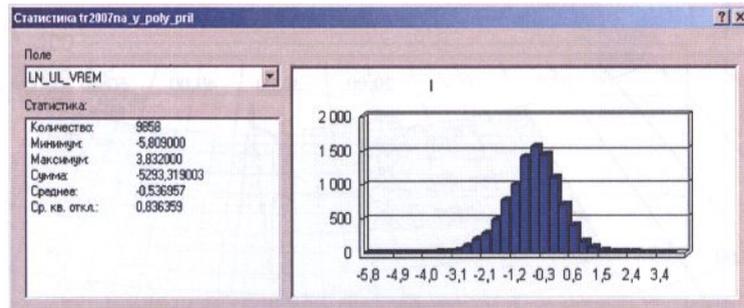


Рис. 7. Частотное распределение логарифма улова на час траления

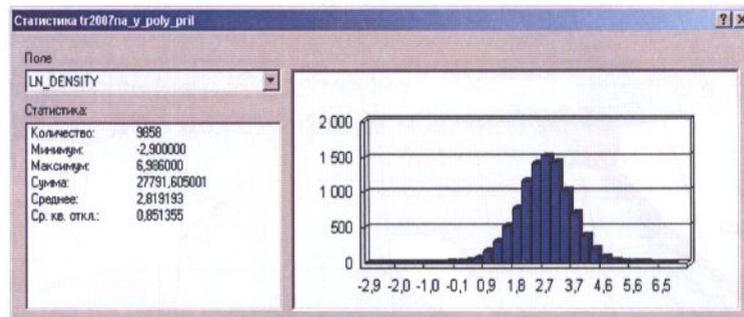


Рис. 8. Частотное распределение логарифма плотности

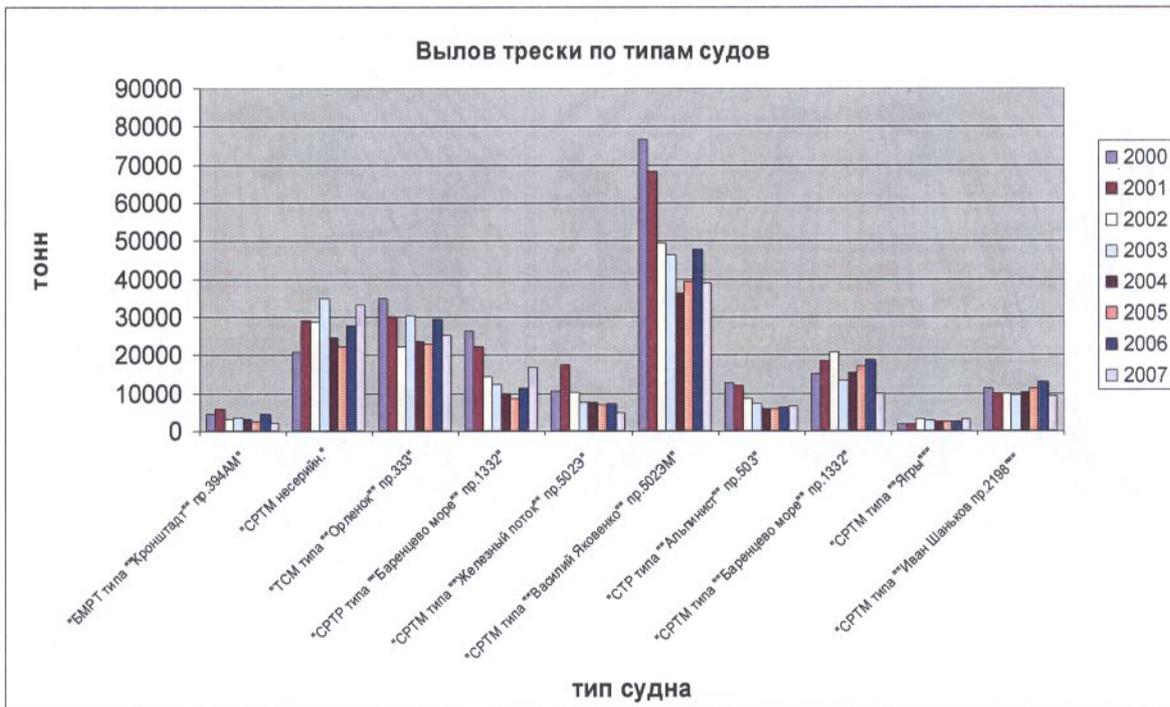


Рис. 9. Распределение вылова трески (тонн) по типам судов в 2000 – 2007 годах

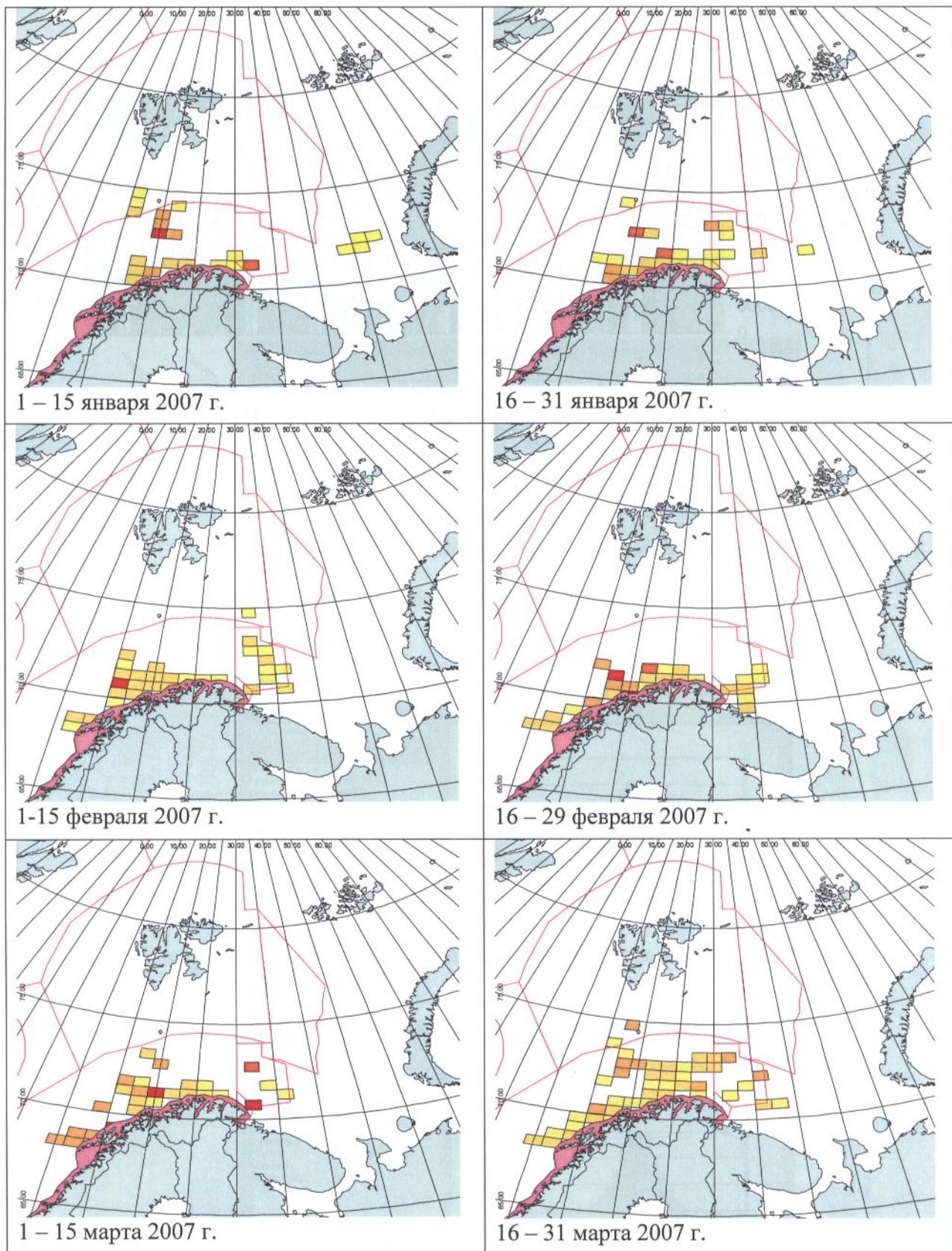


Рис. 10. Плотность скоплений трески в январе – марте 2007 г.

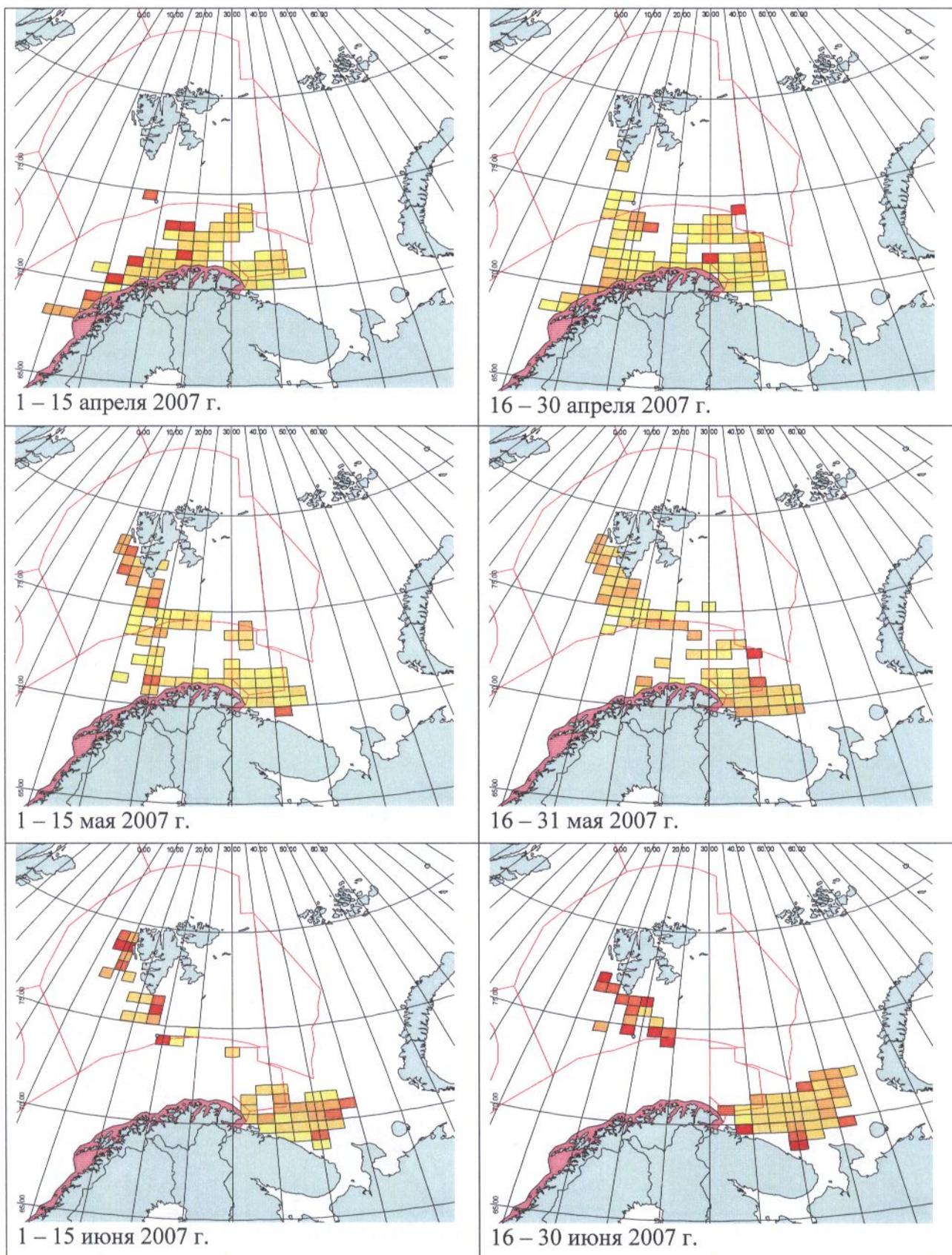


Рис. 11. Плотность скоплений трески в апреле – июне 2007 г.

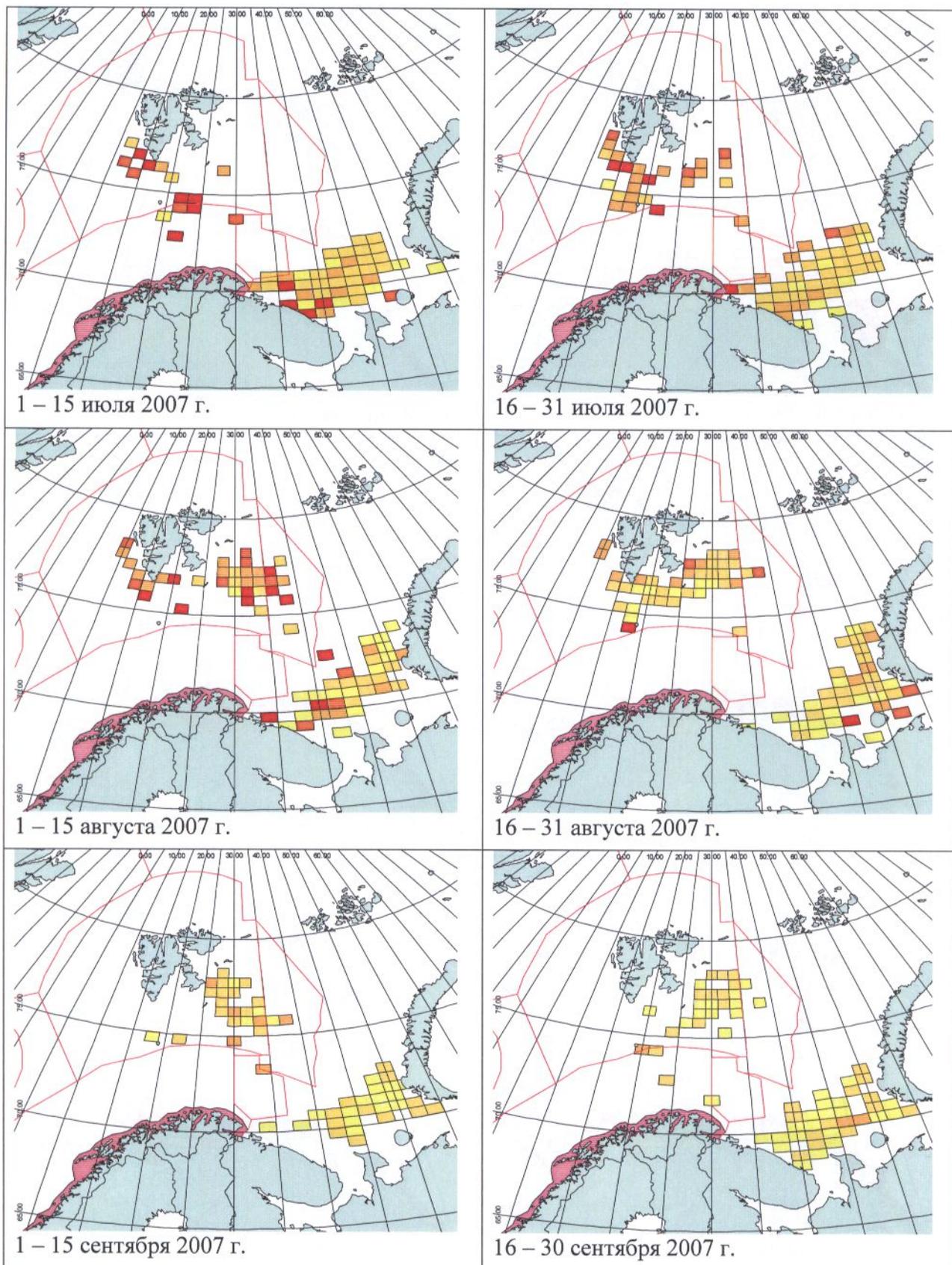


Рис. 12. Плотность скоплений трески в июле – сентябре 2007 г.

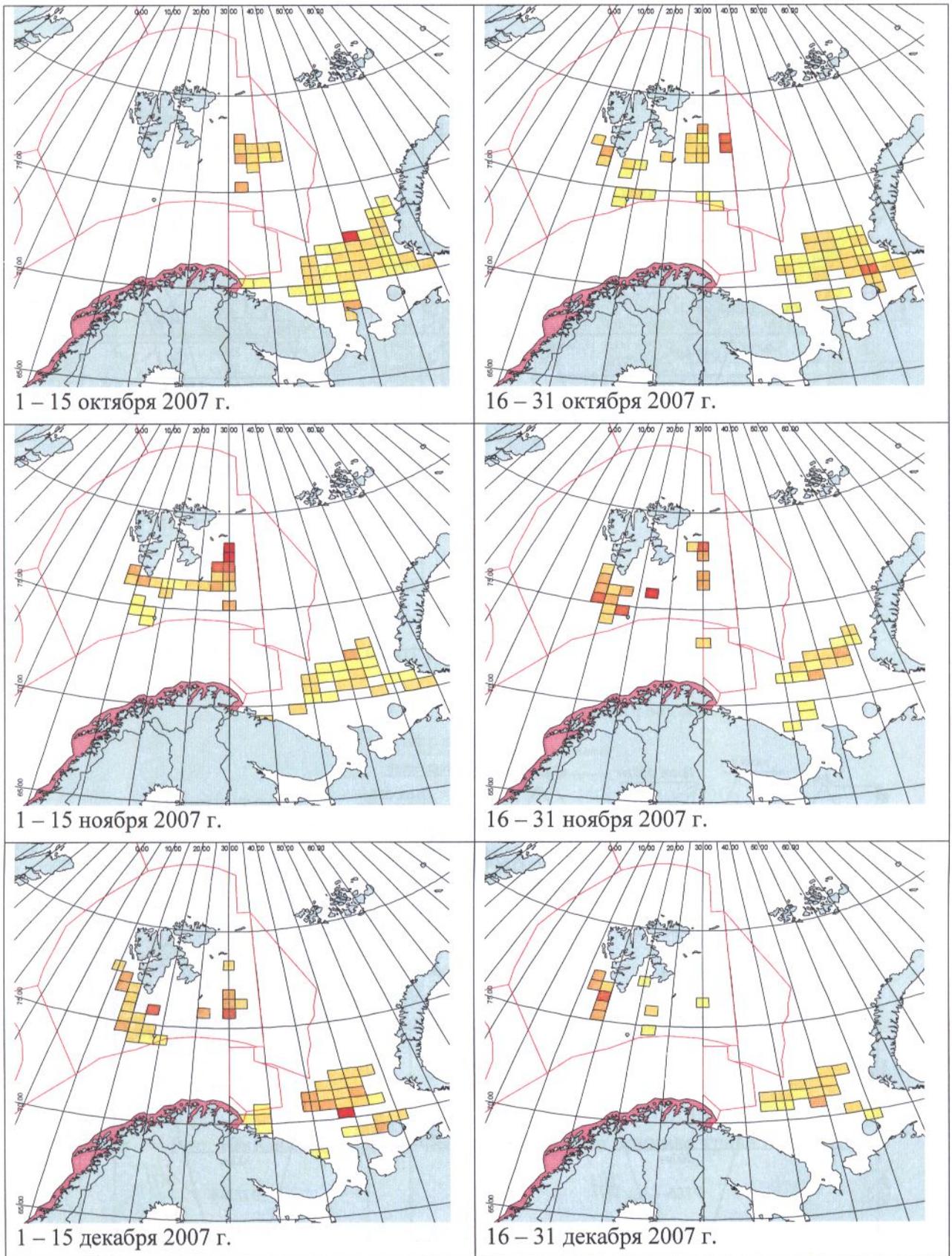


Рис. 13. Плотность скоплений трески в октябре – декабре 2007 г. (т/км²)

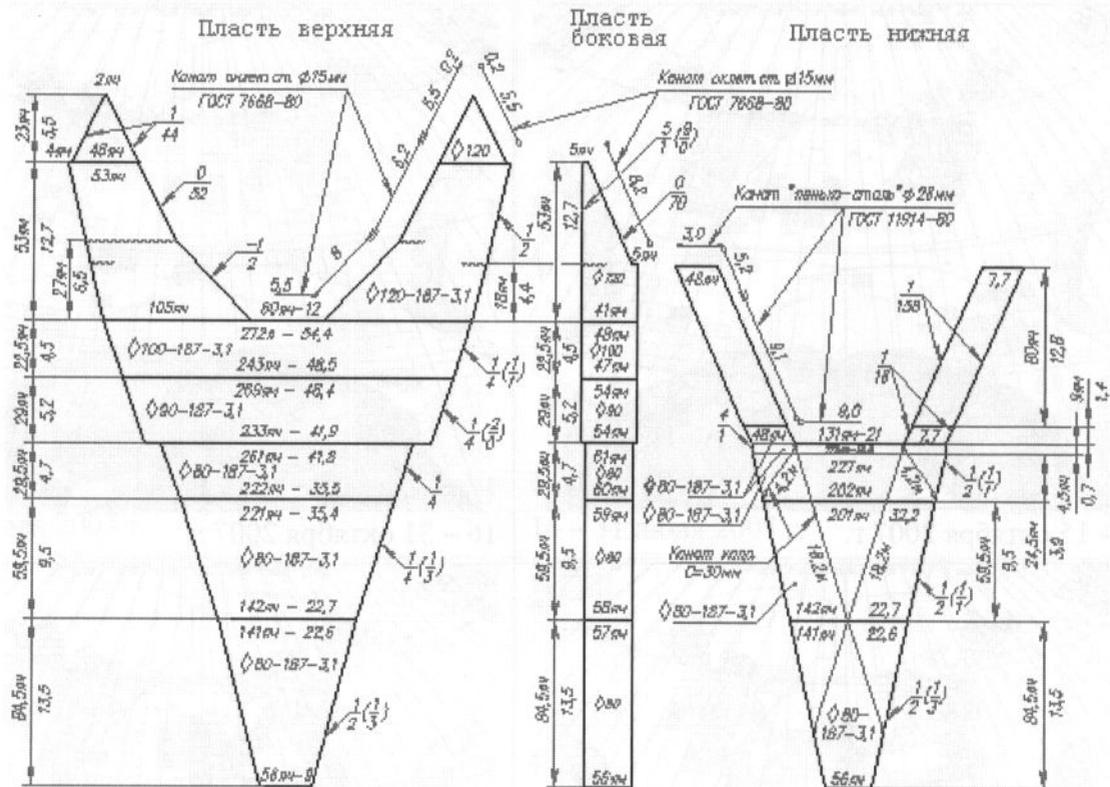


Рис. 14. Чертеж передней части траля донного проекта 2517

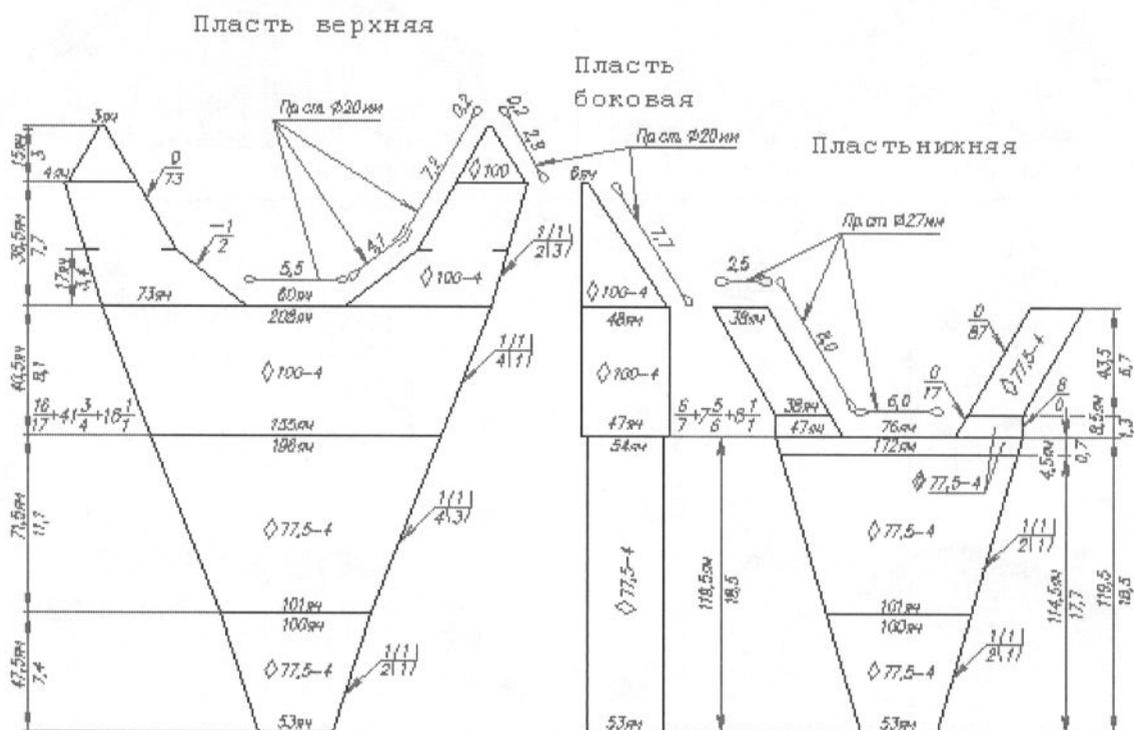


Рис. 15. Чертеж передней части траля донного проекта 2561

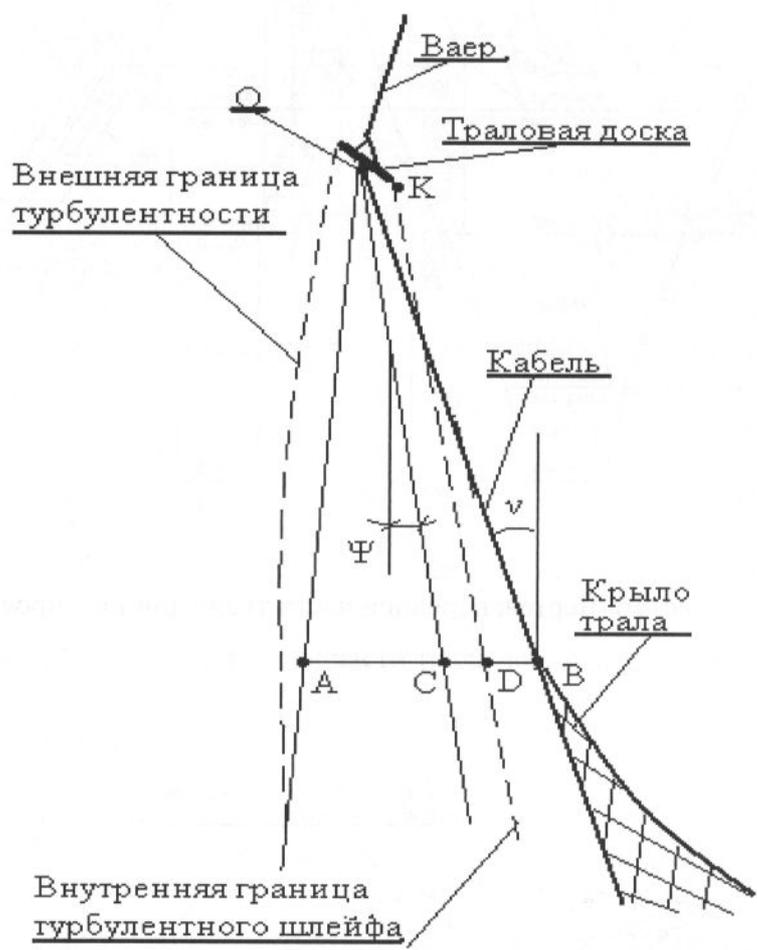


Рис.18. Параметры гидродинамического шлейфа траловой доски

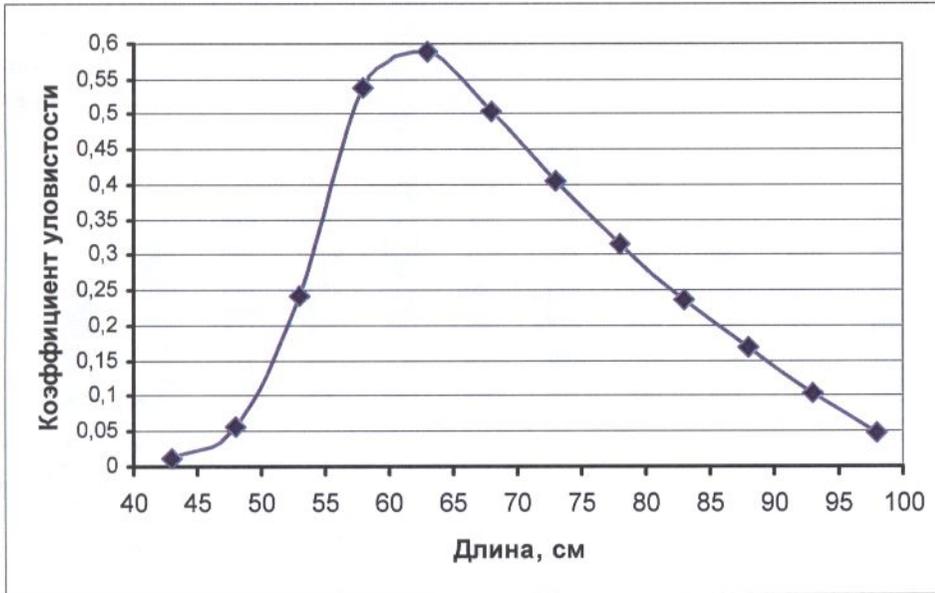


Рис. 19. Дифференциальный КУ донного трала по отношению к треске различных размерных групп по расчетным (теоретическим) данным

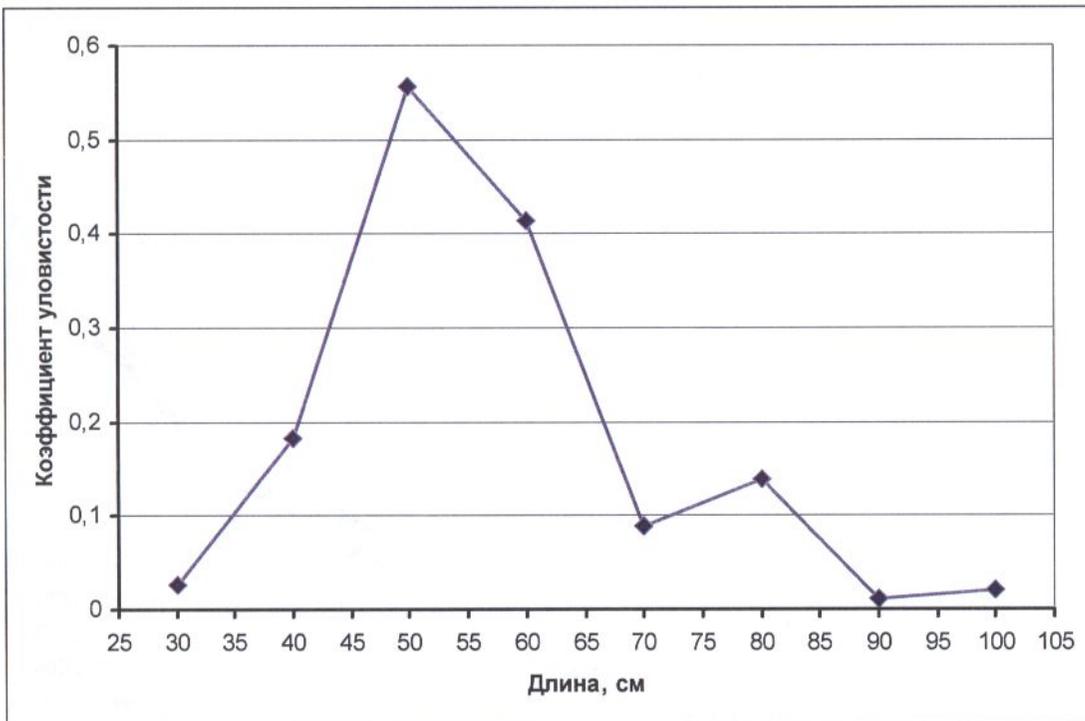


Рис. 20. Дифференциальный КУ донного трала по отношению к треске различных размерных групп по экспериментальным данным

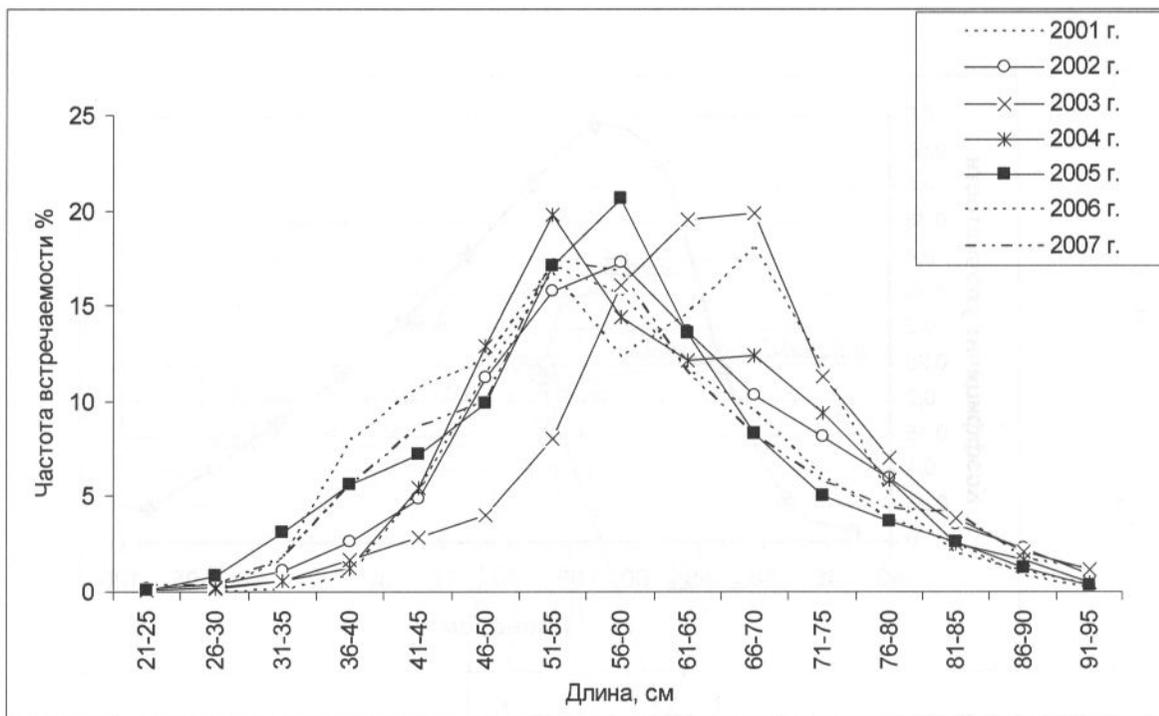


Рис. 21. Доля рыб различных размерных классов в промысловых уловах в 2001-2007 гг.

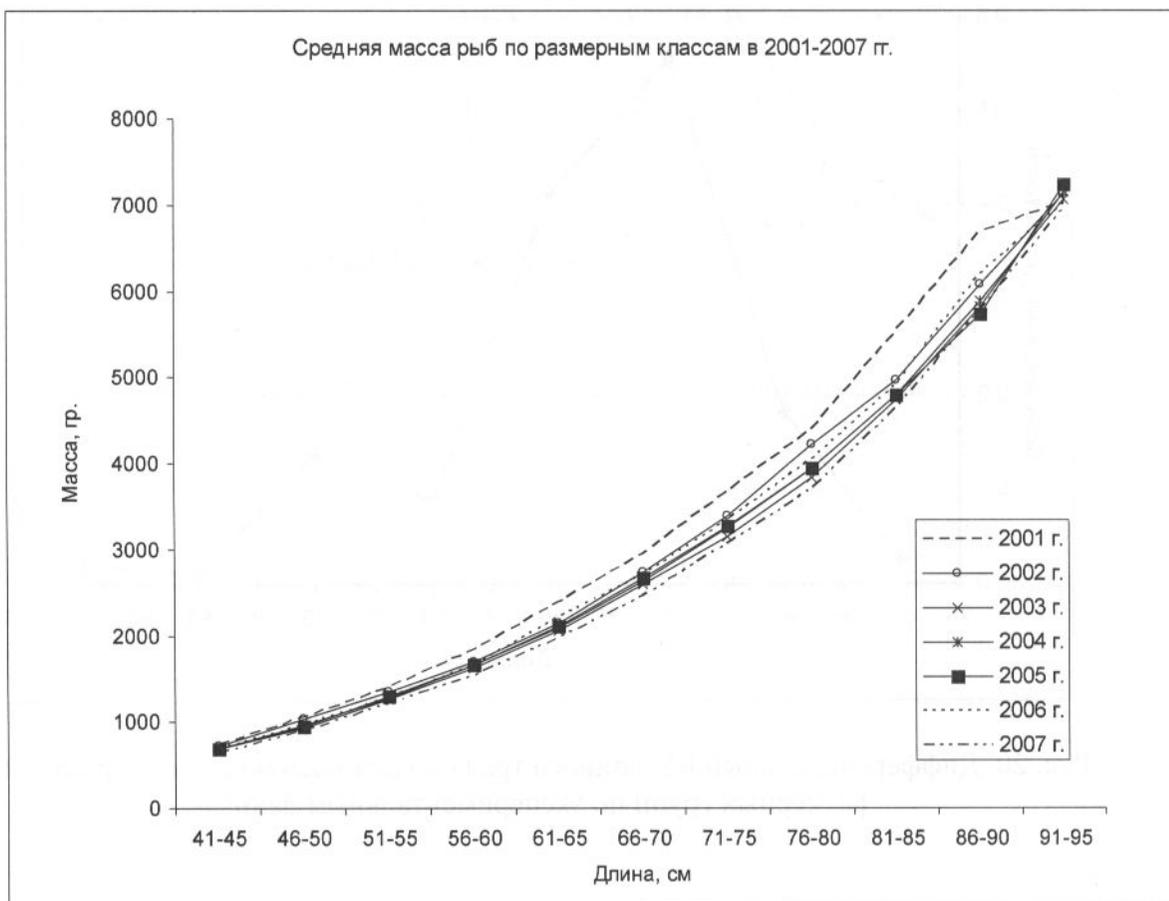


Рис. 22. Средняя масса трески в промысловых уловах 2001-2007 гг. в зависимости от размерных классов

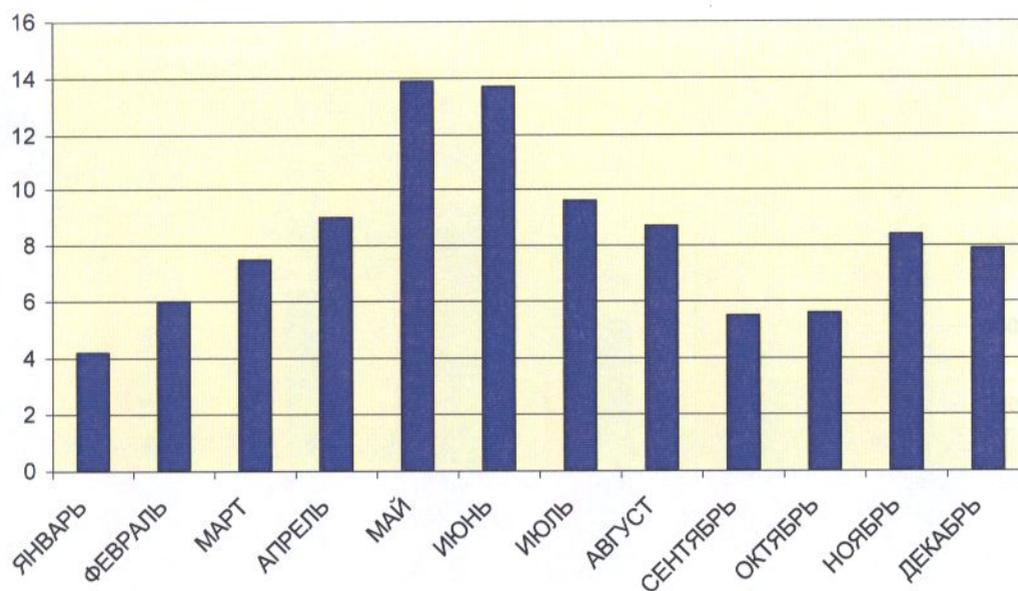


Рис. 23. Динамика относительного вылова трески российским флотом в 2000-2006 гг., %

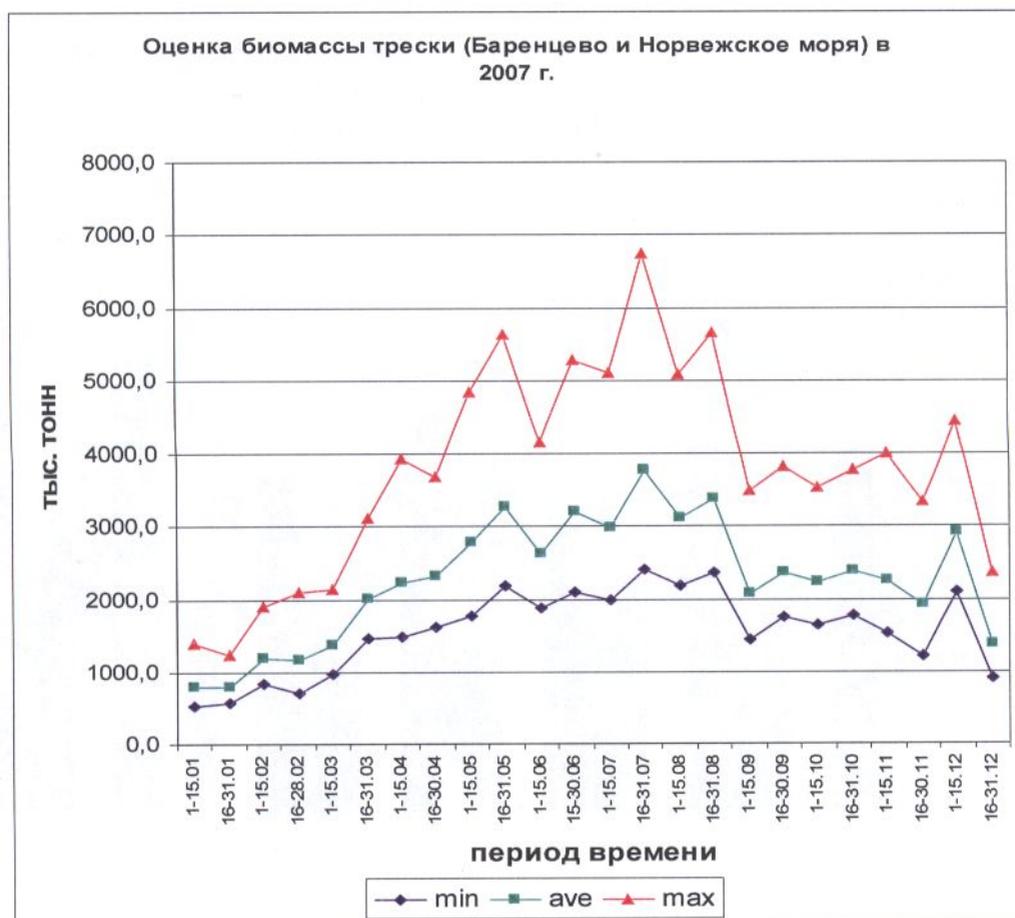


Рис. 24. Минимальное (min), среднее (ave) и максимальное (max) значение промысловой биомассы трески в январе-декабре 2007 г.

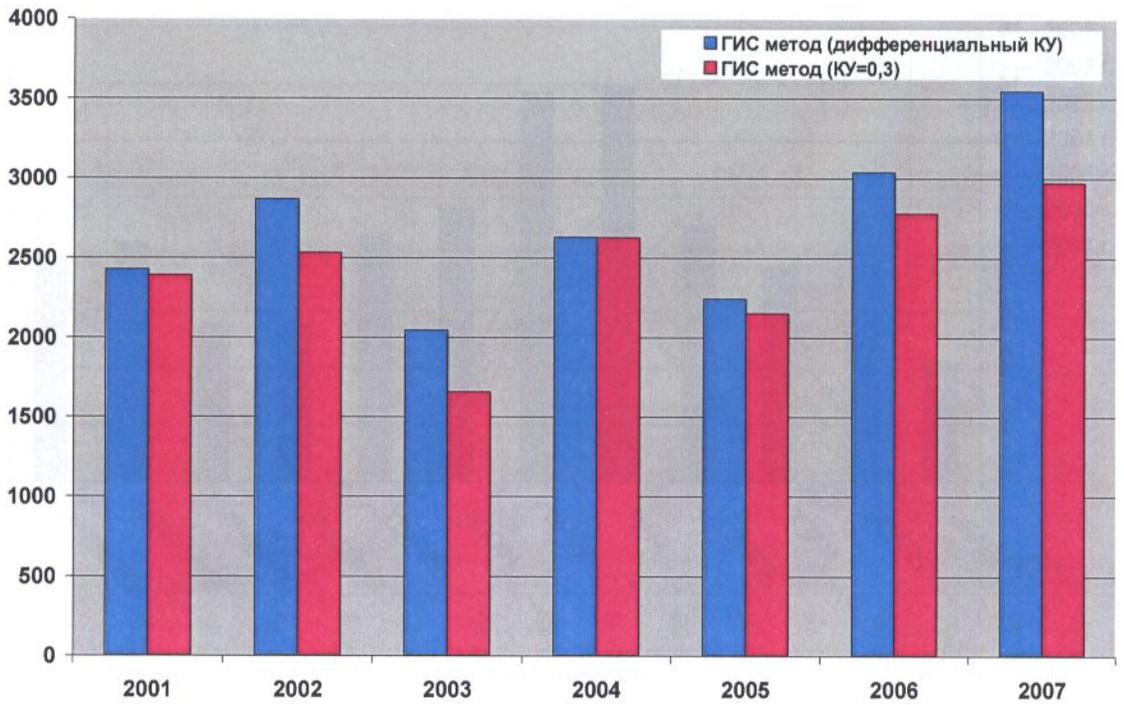


Рис. 25. Динамика промыслового запаса трески по данным ГИС метода в апреле-августе 2001-2007 гг. с фиксированным (0,3) и дифференциальными коэффициентами уловистости, тыс. тонн

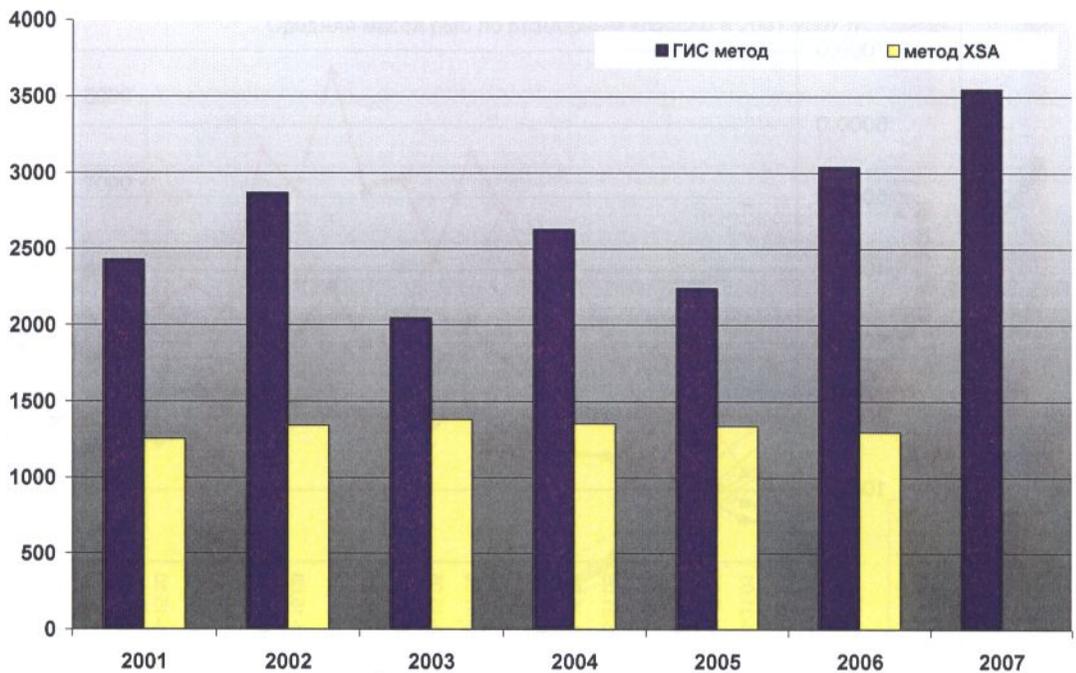


Рис. 26. Динамика промыслового запаса по данным ГИС и XSA методов, тыс. тонн

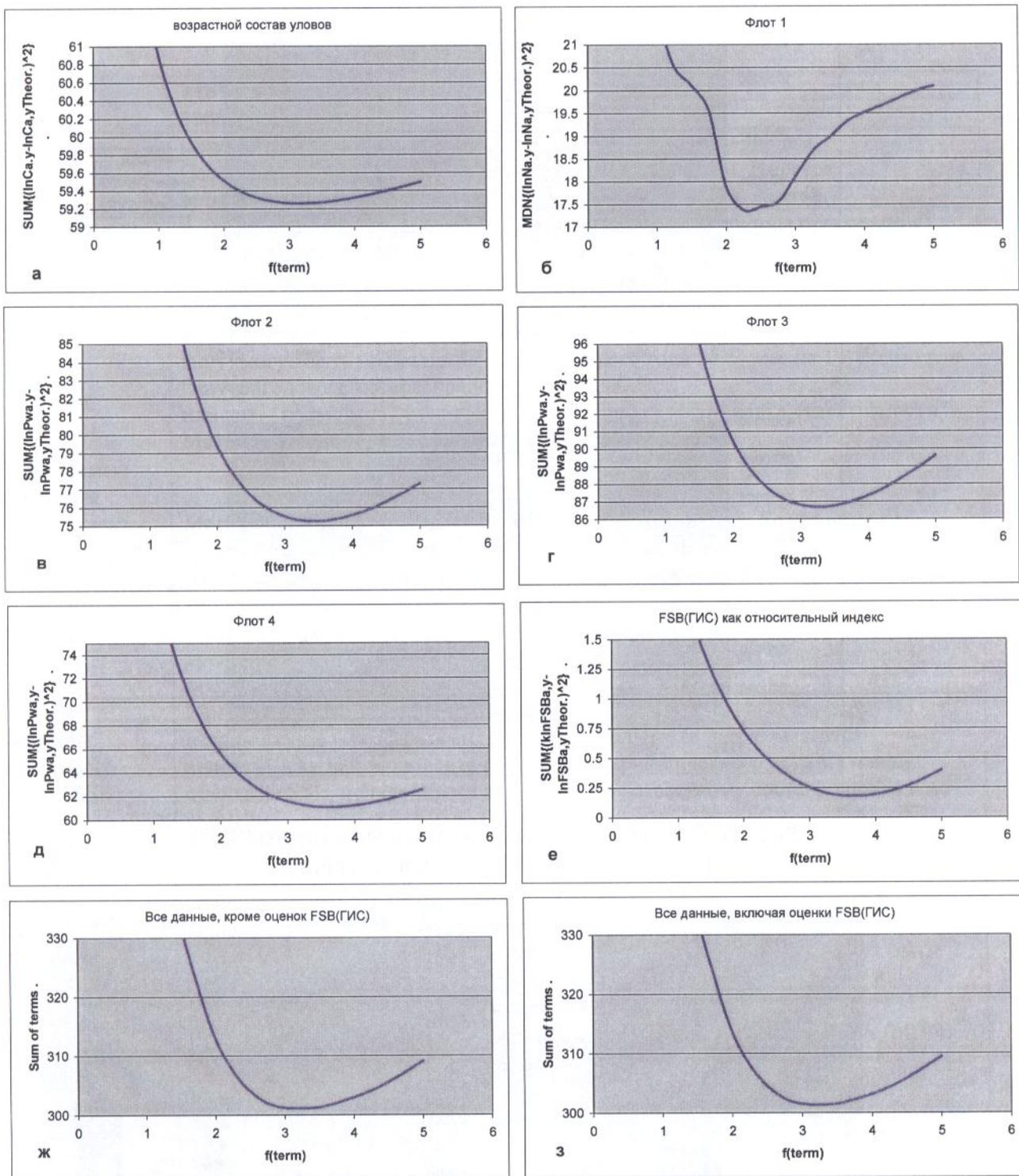


Рис. 27. Профили компонент целевой функции модели

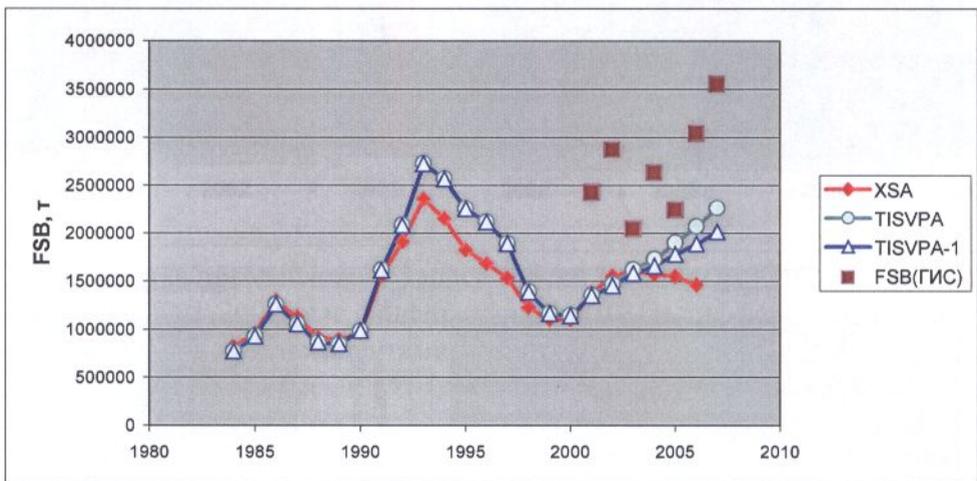
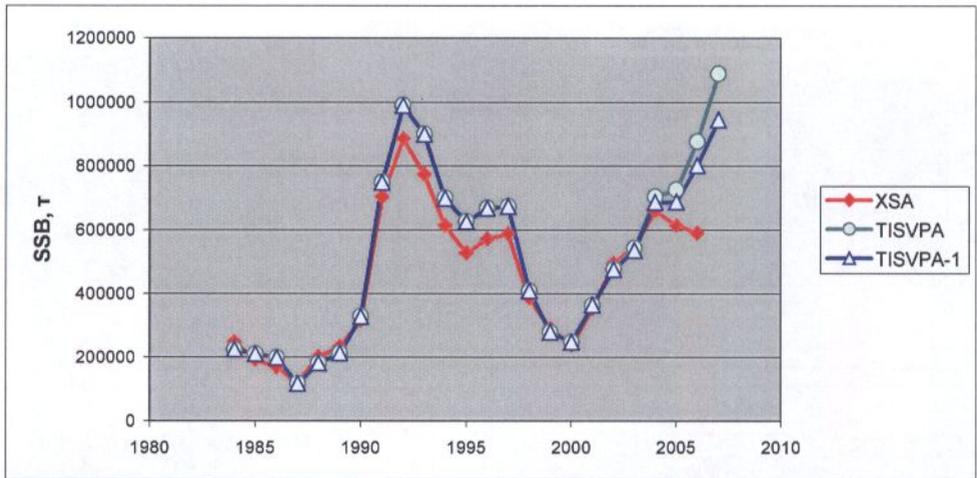


Рис. 28. Сравнение оценок биомассы нерестового (SSB) и промыслового (FSB) запасов трески, тонн

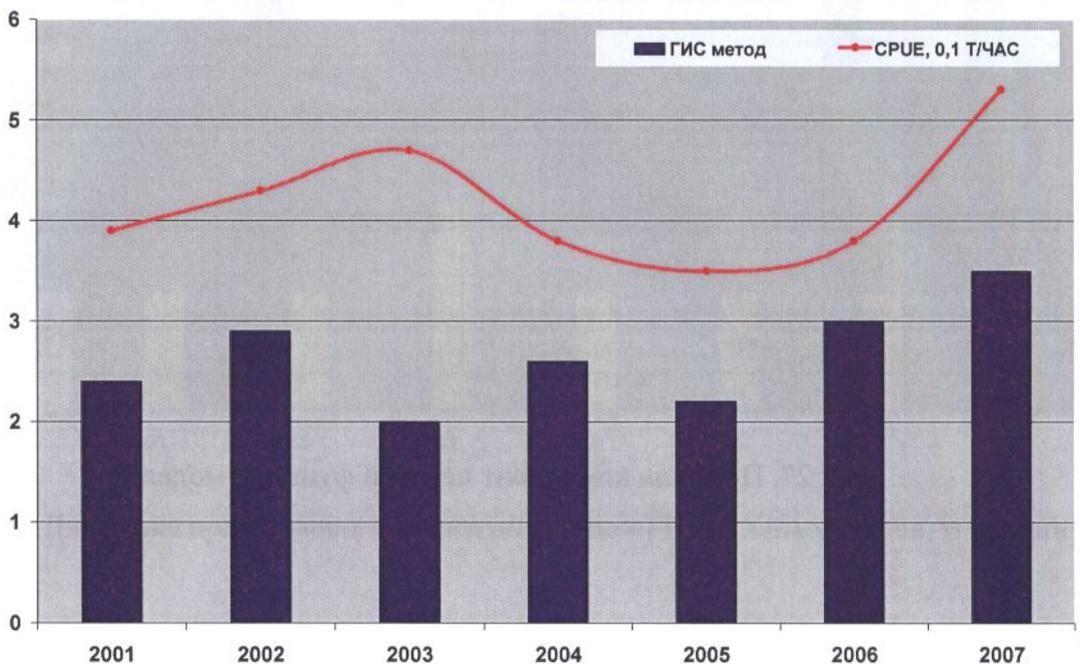


Рис. 29. Динамика запасов трески по данным ГИС метода (млн. тонн) и улова на стандартное усилие (0,1 т/час траления)

Краткое описание модели TISVPA

Модель	TISVPA
Версия	2006.1
Тип модели	Сепарабельная модель применена к одному или двум периодам. Сепарабельная модель захватывает весь период анализа. Имеется возможность включить третий, зависящий от поколения, фактор.
коэффициенты селективности	Коэффициент селективности для старшей возрастной группы приравнен к предыдущему. Коэффициенты селективности по возрастным группам нормированы по сумме на единицу. Для плюс-группы принимается та же промысловая смертность, что и для предыдущей возрастной группы.. Если в модель включены факторы поколения, то $s(a,y)=s(a)g(\text{cohort})$. $s(a,y)$ могут быть нормализованы для каждого года по сумме на 1 – подмодель “внутригодового перераспределения усилия”, или нет – подмодель “увеличения (снижения) коэффициента селективности”. Матрица g -факторов нормализована на среднее = 1.
Оцениваемые параметры	
Коэффициенты улавливаемости	Могут оцениваться или быть приняты равными единице. Коэффициенты улавливаемости оцениваются аналитически как экспоненты средних логарифмических остатков между оценками численности, полученными из уловов и съемок.
Плюс-группа	Плюс-группа не моделируется, но ее численность рассчитывается из уловов в предположении о равенстве промысловой смертности для плюс-группы и старшей группы.
Съемки биомассы нерестового запаса (SSB)	Могут рассматриваться как абсолютные или относительные индексы. Во втором случае – коэффициент пропорциональности рассчитывается аналитически как экспонента среднего логарифмического остатка между оценками SSB, полученными из данных по возрастному составу уловов и по съемкам.
Съемки в (терминальный+1) год	Могут использоваться.
Целевая функция	Целевой функцией является взвешенная сумма компонентов. Для данных по возрастному составу уловов соответствующими компонентами могут быть: <ul style="list-style-type: none"> • сумма квадратов остатков в логарифмах уловов (SS) • медиана распределения квадратов остатков в логарифмах уловов (MDN) • абсолютное медианное отклонение (AMD). <p>Для оценок SSB по съемкам – сумма квадратов остатков между логарифмами оценок SSB по съемкам и по модели. Для съемок с возрастной структурой - SS, MDN или AMD для логарифмов $N(a,y)$ или для возрастных пропорций запаса (не взвешенных или взвешенных по численности).</p>
Оценка неопределенности	Для оценки неопределенности применен параметрический условный бутстреп относительно возрастного состава уловов (в предположении, что данные распределены логнормально, дисперсия оценивается в базовом прогоне модели) вместе с зашумлением дополнительной информации (в предположении, что ошибки в данных имеют логнормальное распределение, значение дисперсии задается пользователем).
Другие аспекты	Для данных по возрастному составу уловов могут использоваться три модели ошибки: <ul style="list-style-type: none"> • ошибки отнесены к данным по возрастному составу уловов. Это чисто

	<p>сепарабельная модель (“версия с управляющими уловами”)</p> <ul style="list-style-type: none"> • ошибки отнесены к сепарабельной модели промысловой смертности. Это соответствует обычной VPA, но сепарабельная модель используется для оценки терминальных значений промысловой смертности (“версия с управляющими уловами”) • ошибки отнесены к обоим источникам (“смешанная версия”). Для каждой возрастной группы и года промысловая смертность оценивается по когортным уравнениям (в аппроксимации Поупа). Конечная оценка является взвешенным средним между двумя оценками, веса задаются пользователем или обратно пропорциональны квадрату остатка в каждой точке. <p>Относительно ограничений на остатки в возрастном составе уловов возможны четыре варианта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Достигаются нулевые суммы остатков по всем годам и возрастам между оценками промысловой смертности из когортных уравнений и по сепарабельной модели (“несмещенная сепарабеллизация”). 2. Как в варианте 1, но относительно логарифмических остатков в возрастном составе уловов (достигается несмещенность оценок численности). 3. Как в варианте 1, но отклонения взвешиваются по возрастным оценкам селективности 4. Отсутствие ограничений на смещение. <p>В версии TISVPA, в варианте 2 нулю также равны покогортные суммы остатков. В вариантах 1, 2, и 3, если для оценки g-факторов использован не весь возрастной диапазон, перечисленные выше условия в смысле несмещенности могут выполняться не точно для $s(a,y)$, но по-прежнему выполняются для независимых от поколений оценок $s(a)$.</p>
Язык	Visual Basic

Таблица 2

Доля уловов трески в зависимости от типа судна, %%

Тип судна	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
"Василий Яковенко"	40.3	40.1	35.8	28.9	28.6	27.1	33.0	23.3
"Орленок"	15.7	14.4	12.7	17.4	15.2	18.6	18.4	15.1
"Баренцево море"	14.2	16.4	22.0	9.9	18.3	15.3	16.6	16.0
Прочие	29.8	29.1	29.5	43.8	37.9	39.0	32.0	45.6
Всего	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 3

Количество ССД, полученных в 2000-2007 гг.

Год\Количество ССД	Общее количество ССД	Количество ССД с известным типом трала	Доля ССД с известным типом трала от общего количества
2000	36797	14458	0,393
2001	31118	13220	0,425
2002	23716	11236	0,474
2003	20095	11052	0,550
2004	22111	13712	0,621
2005	21746	10969	0,505
2006	25485	14381	0,565
2007	21744	13990	0,643
Всего ССД	202812	103018	0,508

Таблица 4

Типы основных тралов, с помощью которых осуществляется промысел трески

Код	Описание орудия лова
201	Тралы донные для лова рыбы прочих проектов с селективным устройством
227	Трал донный для лова рыбы проекта 2479 с селективным устройством
228	Трал донный для лова рыбы проекта 2517 с селективным устройством
230	Трал донный для лова рыбы проекта 2561 с селективным устройством
231	Трал донный для лова рыбы проекта 2565 с селективным устройством
232	Трал донный для лова рыбы проекта 2615 с селективным устройством
233	Трал донный для лова рыбы проекта Alfredo с селективным устройством
234	Трал донный для лова рыбы проекта Basalao с селективным устройством
235	Трал донный для лова рыбы проекта Vox с селективным устройством

Типы судов, коды донных тралов, их горизонтальное раскрытие и скорость траления на промысле трески

Тип судна	Тип трала	Горизонтальное раскрытие, м	Скорость траления, узлов
"СРТМ несерийный"	201	18	3,1
"СРТМ несерийный"	228	28	3,5
"СРТМ несерийный"	230	17	3,1
"СРТМ несерийный"	231	18	3,1
"СРТМ несерийный"	233	19	3,5
"ТСМ типа ""Орленок"" пр.333"	201	28	3,5
"ТСМ типа ""Орленок"" пр.333"	227	25	3,5
"ТСМ типа ""Орленок"" пр.333"	228	28	3,5
"ТСМ типа ""Орленок"" пр.333"	230	17	3,1
"ТСМ типа ""Орленок"" пр.333"	231	18	3
"ТСМ типа ""Орленок"" пр.333"	232	16	3,1
"ТСМ типа ""Орленок"" пр.333"	233	19	3,5
"СРТР типа ""Баренцево море"" пр.1332"	201	28	3,5
"СРТР типа ""Баренцево море"" пр.1332"	227	25	3,5
"СРТР типа ""Баренцево море"" пр.1332"	228	28	3,5
"СРТР типа ""Баренцево море"" пр.1332"	231	18	3
"СРТР типа ""Баренцево море"" пр.1332"	233	19	3,5
"СРТМ типа ""Железный поток"" пр.502Э"	201	17	3,1
"СРТМ типа ""Железный поток"" пр.502Э"	230	17	3,1
"СРТМ типа ""Василий Яковенко"" пр.502ЭМ"	201	17	3,1
"СРТМ типа ""Василий Яковенко"" пр.502ЭМ"	227	25	3,5
"СРТМ типа ""Василий Яковенко"" пр.502ЭМ"	230	17	3,1
"СРТМ типа ""Василий Яковенко"" пр.502ЭМ"	231	18	3,1
"СРТМ типа ""Василий Яковенко"" пр.502ЭМ"	232	16	3,1
"СРТМ типа ""Василий Яковенко"" пр.502ЭМ"	233	19	3,5
"СТР типа ""Альпинист"" пр.503"	201	17	3,1
"СТР типа ""Альпинист"" пр.503"	230	17	3,1
"СТР типа ""Альпинист"" пр.503"	231	18	3,1
"СТР типа ""Альпинист"" пр.503"	235	18	3,1
"СРТМ типа ""Баренцево море"" пр.1332"	201	25	3,5
"СРТМ типа ""Баренцево море"" пр.1332"	227	25	3,5
"СРТМ типа ""Баренцево море"" пр.1332"	228	28	3,5
"СРТМ типа ""Баренцево море"" пр.1332"	231	18	3
"СРТМ типа ""Баренцево море"" пр.1332"	233	19	3,5
"СРТМ типа ""Баренцево море"" пр.1332"	234	25	3,5
"СРТМ типа ""Иван Шаньков пр.2198"""	201	18	3,1
"СРТМ типа ""Иван Шаньков пр.2198"""	230	17	3,1
"СРТМ типа ""Иван Шаньков пр.2198"""	231	18	3,1

Таблица 6

Технические характеристики донных тралов используемых для промысла трески*

Проект трала	Тип судна	Скорость траления, узлы	Длина верхней подборы, м	Длина нижней подборы, м	Периметр в условной посадке, м	Вертикальное раскрытие, м	Горизонтальное раскрытие, м	Агрегатное сопротивление, тс	Построечная масса, кг
Пр. 2561 (код 230)	СРТМ 850 кВт (1160 л.с.)	3,1-3,6	28,5	22,0	37,6	5,5-6,0	17-18	7-8	225
Пр. 2517 (код 228)	ППР, ПСТ, ТСМ	3,5-4,2	45,3	27,2	47,0	9,5-10,5	28-30	12-15	467,2
Пр. 2565 (код 231)	СРТР, СТР 970 кВт (1320 л.с.)	3,0-3,5	36,5	30,0	37,6	6,0-7,0	18-20	7,8-9,0	296
Пр. 2479 (код 227)	ППР, ПСТ, ТСМ	3,5-4,5	46,6	24,2	47,6	13-14	25-28	13-14	555

* По данным ООО «Флот-Сервис»

Таблица 7

Коэффициенты уловистости донного трала 43,6/39,6 м относительно различных размерных групп трески (по Заферман и др., 1987)

Длина рыб, см	Коэффициент уловистости
26-35	0,026
36-45	0,183
46-55	0,556
56-65	0,414
66-75	0,089
76-85	0,138
86-95	0,012
96-105	0,021

Коэффициенты уловистости донных тралов по отношению к треске

Размерный диапазон, см		Коэффициент уловистости							
		Расчетный (теоретический)		Экспериментальный		Осредненный		Максимальный	
42-45		0,025		0,314		0,171		0,314	
46-50		0,1		0,481		0,294		0,481	
51-55		0,306		0,513		0,413		0,513	
56-60		0,539		0,442		0,494		0,539	
61-65		0,567		0,317		0,444		0,567	
66-70		0,484		0,154		0,321		0,484	
71-75		0,388		0,104		0,247		0,388	
76-80		0,301		0,128		0,216		0,301	
81-85		0,224		0,1		0,163		0,224	
86-90		0,156		0,037		0,098		0,156	
91-95		0,094		0,016		0,055		0,094	
>95		0,044		0,02		0,032		0,044	
Среднее значение		0,269		0,219		0,245		0,342	

Таблица 9

Промысловая биомасса (КУ=1), средний вес и численность трески в 2001-2007 гг.

Годы	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Биомасса, тыс. тонн	725	767	503	796	651	842	903
Средний вес рыб, кг	2,04	2,45	2,53	2,17	1,89	2,24	2,02
Численность, млн. шт	356	312	199	367	345	376	446

Таблица 10

Процедура расчета биомассы трески с учетом особенностей размерно-весовой структуры уловов и дифференциальной уловистости в 2007 г.

Диапазон размерного класса, см	Наблюденный размерный ряд, %	Численность рыб без учета КУ, млн. шт	Дифференциальный коэффициент уловистости (КУ)	Численность рыб с учетом КУ, млн. шт	Средний вес рыб в промысловых уловах, кг	Биомасса рыб в каждом размерном классе, тыс. т
до 40	8.1	36.1	не учитывается	не учитывается	не учитывается	не учитывается
41-45	8.6	38.4	0.171	224.6	0.6	134.8
46-50	10	44.6	0.294	151.7	0.9	136.5
51-55	17.6	78.4	0.413	189.8	1.2	227.8
56-60	16.7	74.3	0.494	150.4	1.5	225.6
61-65	11.5	51.4	0.444	115.8	2	231.6
66-70	8.2	36.6	0.321	114	2.5	285
71-75	5.8	25.9	0.247	104.8	3.1	324.9
76-80	4.3	19.2	0.216	88.9	3.7	328.9
81-85	4.1	18.3	0.163	112.2	4.6	516.1
86-90	1.7	7.6	0.098	77.6	5.8	450
91-95	1.2	5.4	0.055	98.2	7	687.4
96 и более	2.2	9.8	0.032	не учитывается	> 8	не учитывается
Всего	100	446				3548.6

**Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов,
сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах,
техника и технология их добычи и переработки**

ВЫПУСК 7

**МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО
ПО ОЦЕНКЕ ПРОМЫСЛОВОГО ЗАПАСА ДЕМЕРСАЛЬНЫХ РЫБ
ГИС МЕТОДОМ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ
АРКТИЧЕСКОЙ ТРЕСКИ)**

Подписано в печать 24.03.2008 г. Формат 60×84 1/8.
Печ. л. 10,25. Тираж 100 экз. Заказ № 55.

Издательство ВНИРО
107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17

Тел.: (499) 264-65-33
Факс: (499) 264-91-87