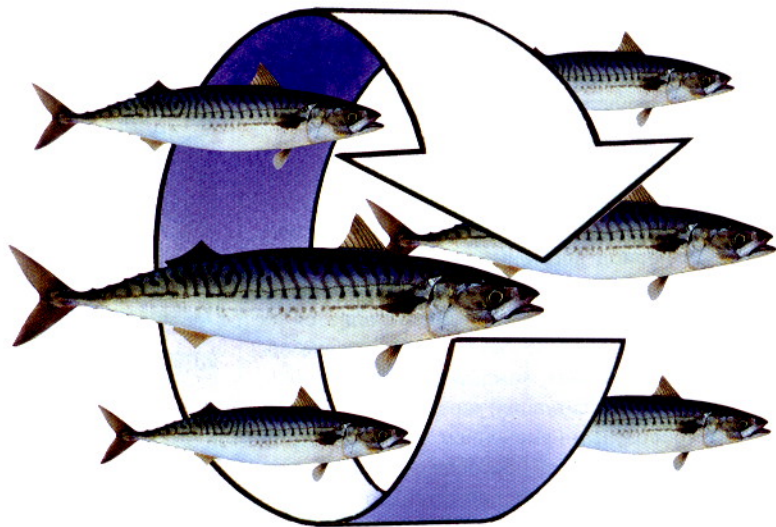


СИНОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАСС ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ (НА ПРИМЕРЕ СКУМБРИИ СВА)

Б.М. Шатохин, В.М. Мишкин, Д.Н. Клочков –
НТФ «Комплексные системы»
Г.П. Ванюшин, Б.Н. Котенев – ВНИРО
В.И. Черноок, В.Б. Забавников – ПИНРО



Оценка биомассы промысловых запасов мигрирующих рыб, как донных и придонных (треска, минтай, пикша и др.), так и пелагических, – сложная научно-техническая проблема, и прежде всего из-за неопределенностей в исходной информации, которая используется в модельных расчетах. Эти неопределенности связаны с недостоверностью и неполнотой промстатистики, а также с большими (до $\pm 50\%$) трудноучитаемыми ошибками при тралово-акустических учетных съемках (Gunderson, 1993). Наконец, для обоих видов информации характерна неполнота данных в силу того, что значительная часть рыбы находится за пределами исследуемого полигона или района промысла.

В 1997 – 2002 гг. в ходе выполнения «Программы морских исследований и внедрения комплексных информационных технологий производственно-экологического мониторинга промысловых районов Северного бассейна» отработана система слежения за распределением нагульных скоплений скумбрии в Норвежском море.

Программа была создана с целью преодоления основных трудностей эксплуатации пелагических рыб открытых частей океана из-за их слабой изученности, значительной подвижности и неустойчивости промысловых скоплений. В ней предусматривалось действенное научное и информационное обеспечение российского промысла с использованием мобильных дистанционных средств наблюдения и поиска (спутники, самолет-лаборатория). Применение последних в виде одной – трех суточных карт ТПО района и авианаблюдений на перспективных для промысла участках позволило провести синоптические съемки распределения скоплений скумбрии; с помощью данных по уловам промысловых судов, работавших по программе, была оценена биомасса скоплений в синоптическом режиме.

Успешное и высокоэффективное выполнение Программы стало возможным благодаря тому, что, объединив свои усилия, ВНИ-

РО, ПИНРО и НТФ «Комплексные системы», во-первых, создали научное обеспечение и методологические основы слежения за распределением биомассы нагульных скоплений скумбрии, ее миграциями и поведением в квазиреальном времени и, во-вторых, отработали инфраструктуру мониторинга состояния внешней среды обитания, объектов лова и добывающего флота на основе дистанционных аэрокосмических методов и контактных средств буйкового и судового мониторинга с использованием спутникового позиционирования и автоматизированного сбора-передачи данных.

Эта инфраструктура была создана на базе вычислительного центра, центра спутникового мониторинга и аналитических подразделений НТФ «Комплексные системы». Ее телекоммуникационная и программная среда объединяет в единое информационно-технологическое пространство работу промысловых и научных судов, самолета-лаборатории, центра спутникового мониторинга, отделов добычи флотов, промысловых штабов и аналитических групп научных работников ПИНРО и ВНИРО. Созданная инфраструктура обеспечивает информационную поддержку работы в любом промысловом районе Мирового океана в квазиреальном масштабе времени и обмен необходимыми данными по технологии «Компьютер – компьютер» между берегом и промысловыми судами.

Цель данной статьи – описать методологию определения биомассы скумбрии в Норвежском море. Эта методология может быть использована и в других районах Мирового океана при определении биомасс как пелагических и мезопелагических скоплений рыб, так и придонных и глубоководных (окунь моря Ирмингера).

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ СИНОПТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Основные трудности исследования пространственно-временных закономерностей

и механизмов возникновения явлений синоптического масштаба связаны с получением репрезентативных данных измерений океана. Обычно практика получения данных о синоптической изменчивости сводилась к выполнению очень дорогостоящих последовательных квазисинхронных съемок на базе контактных измерений. При этом их дискретность во времени должна «разрешать» масштабы изменчивости от «высокочастотных» участков спектра – 3–5 сут (частоты с максимальными амплитудами колебаний, в наибольшей степени влияющих на распределение промысловых объектов) до «низкочастотных» – месячных периодов, т.е. наблюдения должны проводиться с дискретностью сутки, синхронно и равномерно покрывать исследуемую акваторию и продолжаться непрерывно в течение, как минимум, сезона. Этим требованиям удовлетворяют только спутниковые наблюдения за ТПО (Ванюшин, Котенев, Кружалов и др., 2001) и урванной поверхностью океана, а также метеорологические наблюдения за распределением атмосферного давления, скоростью ветра и температурой воздуха. При этом информация об океанологических условиях, влияющих на распределение, перемещение и поведение промысловых объектов, была в последние четыре года расширена за счет спутниковых альтиметрических измерений. Использование альтиметрических данных об урванной поверхности океана совместно с данными ТПО в ИК-диапазоне и традиционными метеорологическими измерениями позволило вести диагностику и прогнозирование термодинамических процессов, происходящих в океане.

Совместное использование перечисленных данных, получаемых в квазиреальном времени, обуславливает возможность слежения за состоянием «погоды океана», ее модельного прогнозирования, а на основе промысловых данных – оценки влияния «океанической погоды» на биопродукционные процессы в океане.

ВЛИЯНИЕ МАКРОСИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРОМЫСЛОВУЮ ОБСТАНОВКУ И ТЕРМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА

Для изучения синоптической изменчивости промысловых ситуаций использовались три параметра: удельный улов, участок промысла, на котором он произведен, и период времени, за который получен улов. Общей закономерностью изменчивости промысловых ситуаций является их цикличность, проявляющаяся в двух обострениях: каждый новый цикл (промысловая ситуация) характеризуется скачкообразным изменением удельного вылова и/или сменой обособленного промыслового участка. Продолжительность цикла равна продолжительности естественного синоптического периода (ЕСП). При этом скачкообразный переход может длиться от нескольких часов до двух суток (в большинстве случаев – сутки). В течение наступившего ЕСП устанавливается свой тренд изменчивости промысловых характеристик (производительности, затрат времени на поиск и др.), который также меняется скачкообразно при наступлении нового ЕСП.

Эти закономерности проявляются на различных промыслах пелагических рыб. Так, их, в частности, подтверждают ретроспективные исследования, выполненные на большом статистическом материале за 1972 – 2001 гг. по промыслу сельди, мойвы, путассу, скумбрии. На их основе для Северного полушария были созданы базы данных по естественным синоптическим периодам и локальным районам промысла начиная с 1965 г. Были сопоставлены ряды ежедневных уловов на локальных участках промысла и в дни смены ЕСП. Из более 500 случаев скачкообразных изменений промысловых ситуаций 93 % происходили в дни смены ЕСП.

Исследования изменчивости структурных особенностей полей ТПО показали, что они также приурочены к дням смены ЕСП и происходят скачкообразно. Период действия наступившего (нового) ЕСП характеризуется относительно «спокойным» изменением поля ТПО, с сохранением установившихся в первый день наступившего периода «новых» особенностей структуры поля и характерных тенденций его изменчивости в течение наступившего периода (рис. 1).

Полученные закономерности были использованы при разработке методических основ проведения мониторинга на базе составления карт ТПО по синоптическим периодам (ВНИРО), методов прогнозирования сроков начала и окончания ЕСП (метод А.И. Савичева, РГМИ) и планирования работы самолета-лаборатории на мезомасштабных полигонах для отслеживания миграций и распределения концентраций скумбрии.

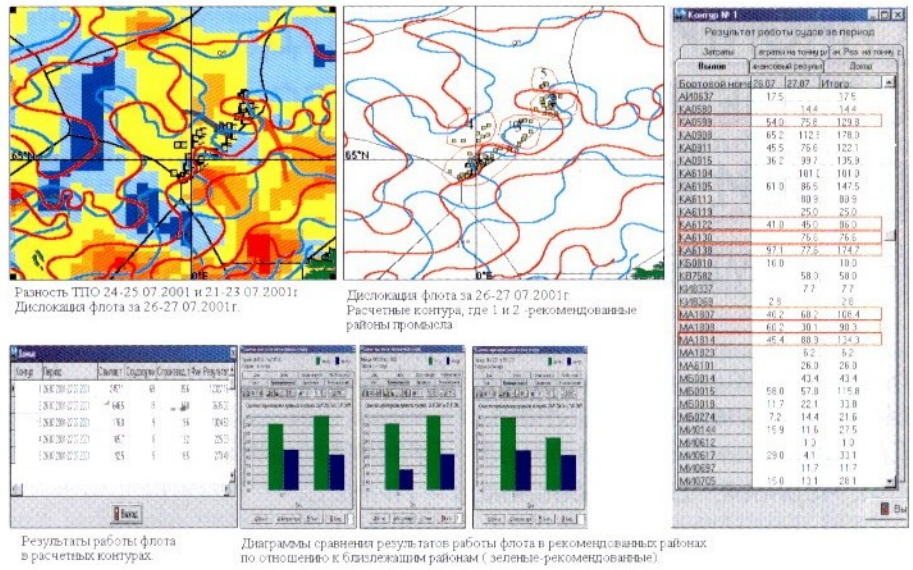


Рис. 1. Анализ деятельности флота в рекомендованных и других районах промысла

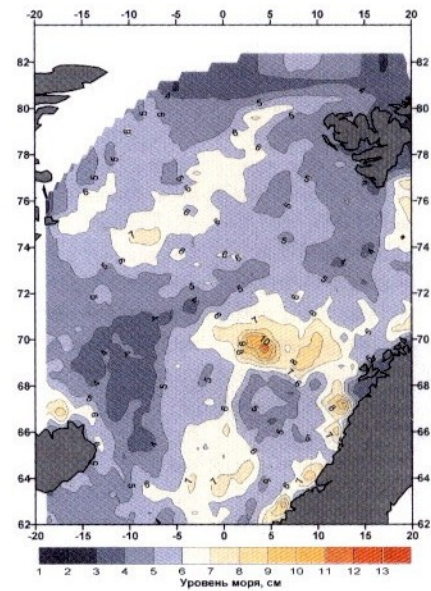


Рис. 2. Поле средних квадратических отклонений уровня моря в Норвежском и Гренландском морях, полученное по комбинированным альтиметрическим данным спутников TOPEX/POSEIDON, ERS-1 и ERS-2

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА АНОМАЛИЙ УРОВНЕНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА И СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЙ ОТКРЫТОЙ ЧАСТИ НОРВЕЖСКОГО МОРЯ

С помощью спутниковых альтиметрических измерений можно оценить поля течений, районы подъема (апвеллинг) и опускания (даунвеллинг) вод, адвекцию тепла течениями, рассчитать зоны вергенций и оценить их устойчивость, численно реализовать уравнения теплопроводности для прогноза температурного режима и др. (Для оперативного построения карт пространственного распределения аномалий высоты поверхности океана можно использовать данные, полученные в результате обработки информации со спутников TOPEX/POSEIDON и ERS-2 в Центре аэродинамических исследований университета штата Колорадо (США), которые доступны для пользователей по сети INTERNET че-

рез один-два дня. В целях выявления закономерностей синоптической изменчивости распределения аномалий уровня поверхности океана были проанализированы декадные карты с 1992 по 2002 г. Значения аномалий были приведены к промысловым квадратам на акватории Норвежского моря, и по ним построены карты пространственного распределения.

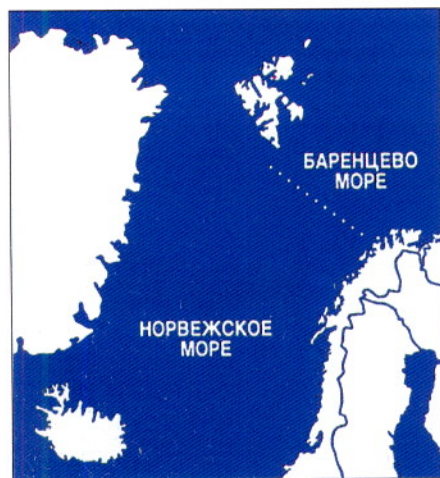
Массив альтиметрических данных, используемый нами для исследования динамики вод Норвежского моря, представляет собой комбинированные альтиметрические данные спутников TOPEX/POSEIDON, ERS-1 и ERS-2. Предварительно в исходные вдольтрековые альтиметрические данные были введены коррекции на инструментальные ошибки, возмущения за счет влажности атмосферы, сухой тропосферы, ионосферных эффектов. Далее были исключены возмущения, связанные с геоидом, средние зна-

чения уровня моря, а также воздействия ветровых волн и приливов.

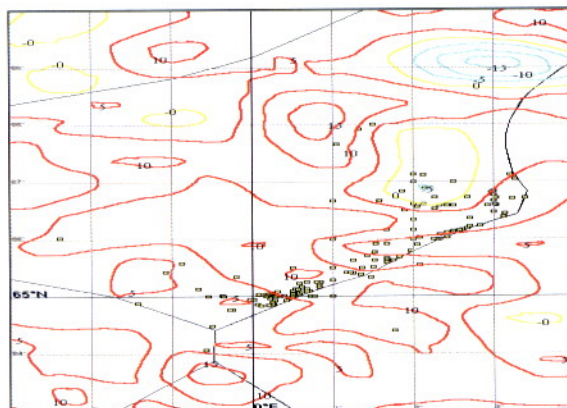
Для исследования пространственной изменчивости интенсивности низкочастотных колебаний уровня моря по массиву альтиметрических данных аномалий уровня было рассчитано поле среднеквадратических отклонений аномалий (рис. 2). Это поле выявляет несколько зон повышенной интенсивности низкочастотных колебаний аномалий уровня моря. Большая зона повышенной интенсивности низкочастотных колебаний приурочена к району открытой части Норвежского моря (ОЧНМ) южнее 66° с.ш. (основной подрайон промысла скумбрии).

Проведенный сопоставительный анализ пространственного положения и временной эволюции циклонических и антициклонических вихрей, выявляемых по картам аномалий уровенной поверхности океана в ОЧНМ, позволяет сделать следующие выводы. Основные локальные промысловые участки в 90 % случаев приурочены к зонам антициклонических вихрей, а наилучшие из них находятся в «теплых секторах» вихрей и зонах наиболее интенсивных конвергенций. Для района ОЧНМ и основных ветвей крупномасштабных геострофических течений справедлив вывод о механизмах синоптической изменчивости, сделанный А.С. Мониним, В.М. Каменковичем и В.Г. Кортон (1974) для района Гольфстрима. Основное отличие для района ОЧНМ сводится лишь к тому, что вихри, как правило, не движутся, а прицессируют около некоторого «центра» (амплитуда прицессии сравнима с размерами диаметра вихря) и среднее «время жизни» этих вихрей исчисляется периодом от двух-трех до восьми-десяти и более декад. Районы возникновения таких вихрей квазистационарны. Расчеты течений, выполняемые в ходе мониторинга по баротропной квазигеострофической модели (Белоненко, Радченко, Фукс, 2001), позволяют следить за положением и устойчивостью зон конвергенций.

На рис. 3–4 приводятся инерционный прогноз положения перспективного района промысла, зон миграции скумбрии и определения периода миграции. На основании контроля зоны конвергенции, рассчитанной по дан-



а



б

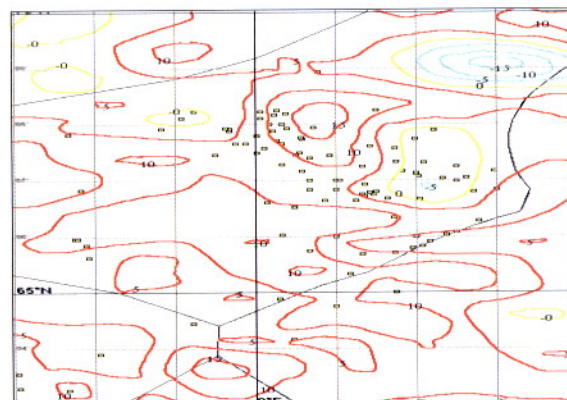
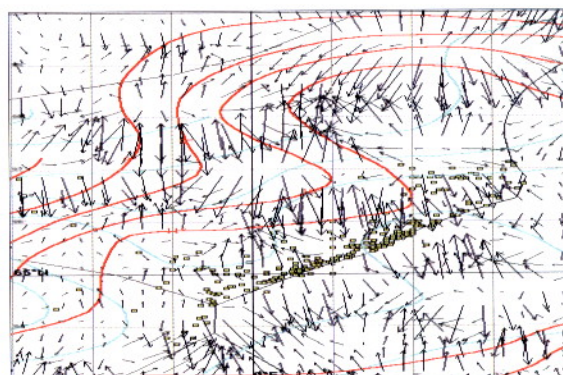


Рис. 3. Распределение аномалий уровенной поверхности по альтиметрическим данным за период с 24.07 по 02.08.1997 г. и дислокация добывающего флота за ЕСП: а – с 22.07 по 27.07.1997 г.; б – с 28.07 по 01.08.1997 г.

а



б

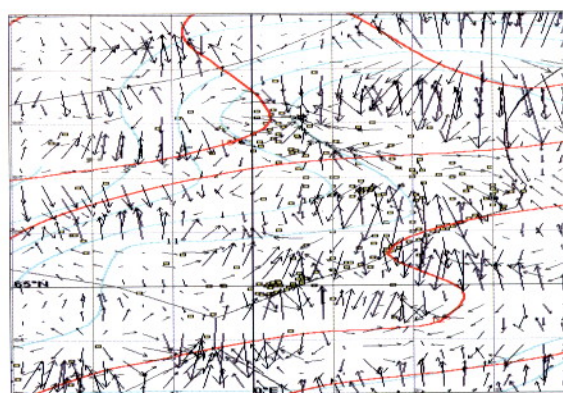


Рис. 4. Сравнительное положение изолиний ТПО, пространственное распределение скоростей течений и дислокация флота: а – ТПО с 15.07 по 21.07.1997 г. (синий цвет), ТПО с 22.07 по 28.07.1997 г. (красный цвет), дислокация и течения за 14.07 – 23.07.1997 г.; б – ТПО с 22.07 по 28.07.1997 г. (синий цвет), ТПО с 29.07 по 04.08.1997 г. (красный цвет), дислокация и течения за 24.07–02.08.1997 г.

ным аномалий уровенной поверхности и тенденций изменчивости полей ТПО между двумя ЕСП, определяется район оперативной съемки распределения нагульных концентраций. На рис. 5 показаны результаты количественной оценки биомассы скоплений на выделенной акватории по данным авиасъемки и работы промысловых судов, находящихся под контролем спутникового центра. Методика оценки биомассы изложена В.М. Мишкиным и Ф.М. Трояновским (1998). Аналогичные результаты приводятся для путины 2001 г. (рис. 6). Анализ положения зон конвергенции, рассчитанных по модели В.Р. Фукса (2001), показал, что оно согласуется с положением промысловых участков и основными направлениями миграций скоплений для всех декад за период промысла с 1993 по 2001 г.

Проведение постоянного мониторинга за состоянием поверхности океана на основании спутниковых данных о температуре поверхности воды и уровенной поверхности дают надежную основу для диагностирования и прогнозирования термодинамических процессов верхнего продуктивного слоя и наблюдения за районами распределения нагульных миграций скумбрии в синоптическом масштабе. Использование дистанционных авиационных методов наблюдения в сочетании с результатами тралений промысловых судов обеспечивают количественную оценку биомассы скоплений. Как показала практика, созданная методология рыбопромыслового мониторинга способствует повышению производительности промысловых судов в 1,5–1,8 раза.

Дальнейшее совершенствование методов рыбопромыслового мониторинга в синоптическом масштабе связано с учетом реальной глубины слоя скачка, которая будет определяться с помощью лидара с самолета-лаборатории, и влияния дрейфовой составляющей течения по естественным синоптическим периодам.

Внедрение оценок биомасс промысловых запасов с использованием синоптического метода позволит избежать неопределенностей, которые мы имеем сегодня при установлении величин запасов как на Северном, так и Дальневосточном промысловых бассейнах. Кроме того, этот подход будет обеспечивать наводку промысловых судов на наиболее плотные скопления, повышая эффективность их промысла в 1,5–2 раза.

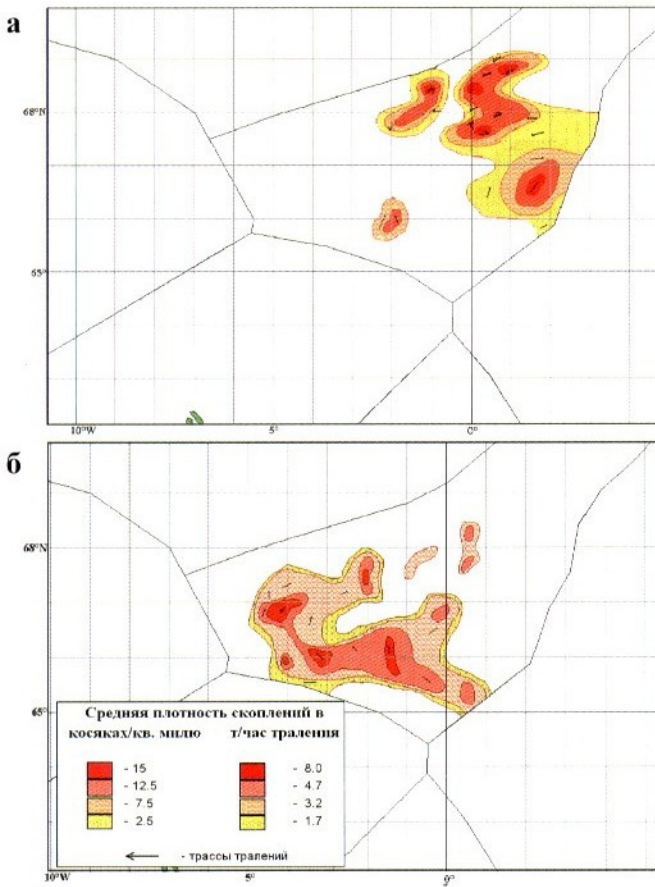


Рис. 5. Распределение плотности скоплений скумбрии в ОЧНМ по данным полетов самолета-лаборатории и работы промыслового флота: а – 29.07.1997 г.; б – 19.07.1998 г.

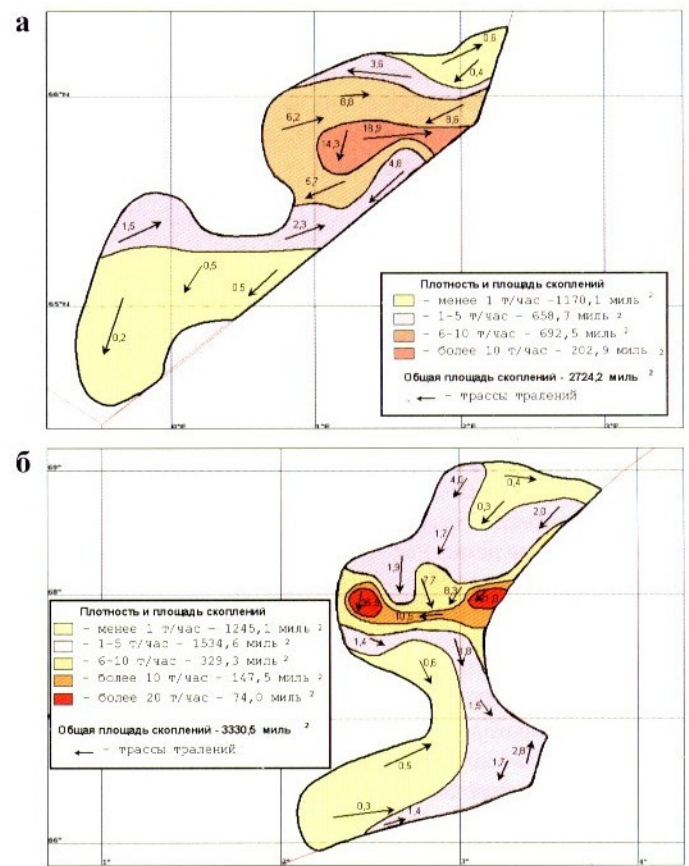


Рис. 6. Распределение плотности скоплений скумбрии в ОЧНМ по данным полетов самолета-лаборатории и работы промыслового флота: а – 09–10.07.2001 г.; б – 19–20.07.2001 г.

