

Среда обитания
водных биологических ресурсов

Диагноз и прогноз условий среды обитания гидробионтов

УДК: 597.5(268.4)

Влияние изменчивости океанологических условий
на окуня-клевача в пелагиали Северной Атлантики

А.С. Кровнин, С.П. Мельников, К.К. Кивва, Д.В. Артеменков, Г.П. Мурый

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
E-mail: akrovnin@vniro.ru

По данным за 1982–2015 гг. выявлено значительное влияние изменчивости океанологических условий на горизонтальное и вертикальное распределение скоплений окуня-клевача в пелагиали Северной Атлантики. Потепление вод в море Ирмингера, продолжавшееся до середины 2000-х гг., обусловило смещение в юго-западном направлении планктонных ракообразных, распределяющихся в поверхностном слое моря, вслед за которыми перераспределилась и большая часть окуня длиной до 40 см. Колебания температуры воды не оказывают влияния на распределение кормовых организмов, обитающих на больших глубинах, вследствие чего положение области нагула крупного окуня (>40 см) на севере моря Ирмингера остается неизменным. В результате, после 1999 г. сформировались 2 отдельных района промысла: в северо-восточной части моря Ирмингера на глубинах более 500 м и в море Лабрадор на глубинах менее 500 м. Во второй половине периода 2000–2010 гг. наметилась тенденция к похолоданию и распреснению вод субполярного циклонического круговорота (СЦК), особенно в верхнем 400-метровом слое. Это сопровождалось обратным перераспределением мелкого окуня в северо-восточном направлении и формированием единого промыслового района, как это было до середины 1990-х гг. В целом, полученные результаты свидетельствуют о том, что нагульные миграции окуня-клевача направлены в районы и на глубины с температурой и солёностью вод, близкими к среднегодовой норме.

Ключевые слова: море Ирмингера, океанологические условия, окунь-клевач, структура скоплений, миграции.

ВВЕДЕНИЕ

В северной части Атлантического океана из четырёх видов морских окуней рода *Sebastes* наибольший коммерческий интерес для отечественного и зарубежного океанического рыболовства представляет окунь-клевач *Sebastes mentella*.

В 1996–2010 гг. Комиссия по рыболовству в Северо-Восточной Атлантике (НЕАФК) регулировала пелагический промысел окуня-клевача в море Ирмингера и сопредельных водах на основе одной рыбопромысловой едини-

цы, что соответствовало преобладающим на тот момент в Международном совете по исследованию моря (ИКЕС) представлениям о биологическом единстве скоплений вида на всей акватории и по всему диапазону глубины их распределения. После 2010 г., с учётом новых рекомендаций ИКЕС, меры регулирования промысла предпринимаются в отношении двух отдельных запасов окуня-клевача: «мелководного пелагического» (юг моря Ирмингера, район регулирования NAFO, глубины менее 500 м) и «глубоководного пелагического» (северо-

восток моря Ирмингера, глубины более 500 м). Научным базисом этому послужили, в основном, данные генетических исследований западноевропейских специалистов. Границы рекомендованных единиц управления основывались на данных о стабильности пространственного распределения международного флота в конце 1990-х — начале 2000-х гг. [Report of the Workshop ..., 2009]. В настоящее время промысел «мелководного пелагического» запаса окуня находится под мораторием, общедопустимый улов (ОДУ) «глубоководного пелагического» запаса поэтапно снизился в 2011–2017 гг. с 38 до 7,5 тыс. т.

По мнению российских и ряда зарубежных учёных рекомендации ИКЕС противоречат многочисленным данным по биологии, экологии, жизненному циклу и структуре ареала окуня-клевача в Северной Атлантике и не отражают реального состояния его запаса [Roques et al., 1999; Novikov et al., 2006; Мельников, 2013]. Фактически ИКЕС был проигнорирован широко используемый при идентификации запасов комплексный подход (в терминологии зарубежных специалистов — *holistic approach*), когда данные, полученные с применением целого спектра направлений изучения природных популяций (генетического, биохимического, онтогенетического, морфологического, экологического и т.д.), соотносятся с биологией и экологией вида [Яблоков, 1987; Cadrin et al., 2005].

Предлагая новую стратегию эксплуатации окуня-клевача, ИКЕС оставил практически без внимания вопрос о влиянии факторов внешней среды на распределение, структуру и промысел пелагических скоплений вида. Между тем общеизвестно существование тесной связи между биологическими, океанологическими и атмосферными процессами, происходящими в Мировом океане. При подготовке рекомендаций ИКЕС для окуня-клевача пелагиали Северной Атлантики, по сути, проигнорированы применяемые этой организацией в отношении большинства других запасов промысловых рыб основы экосистемного подхода, базирующегося на изучении характера взаимодействия между абиотическими и биотическими компонентами морских экосистем.

В этой связи с конца периода 2000–2010 гг. российские специалисты приступили к прове-

дению комплексных исследований по изучению влияния колебаний факторов внешней среды на распределение и динамику численности окуня-клевача. По результатам восстановления значений температуры поверхности океана (ТПО) в пелагиали моря Ирмингера и смежных вод за период 1901–2008 гг. выявлены значительные многолетние колебания теплового состояния поверхностных вод, имеющие циклическую природу с периодом от одного до нескольких десятилетий [Мельников, Карсаков, 2010]. Такая цикличность может служить основной причиной смещения пелагического промысла окуня-клевача из одних географических районов в другие. Это делает научно необоснованным выделение ИКЕС границ эксплуатации предполагаемых запасов.

Цель данной работы — проанализировать влияние многолетней изменчивости климатических и океанологических условий на распределение, структуру популяции и промысел окуня-клевача в пелагиали Северной Атлантики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ межгодовой изменчивости пространственного распределения скоплений окуня-клевача выполнен на основании данных российских и международных тралово-акустических съёмов (МТАС) в 1982–2013 гг. Несмотря на то, что скопления окуня распределяются до глубины 1000 м, были использованы акустические оценки распределения рыб над звукорассеивающим слоем (ЗРС) на глубине преимущественно до 500 м. Для акустической оценки плотности скоплений (sA) окуня-клевача использована отражательная способность эхосигнала от рыб, измеряемая в $\text{м}^2/\text{миля}^2$. Именно над ЗРС возможна корректная оценка распределения рыб, которые не смешиваются здесь с макропланктоном. Данные траловых оценок запаса окуня-клевача и его распределения на глубинах более 500 м имеют короткий ряд наблюдений и до сих пор носят экспериментальный характер. Низкая корреляция между траловыми уловами и акустическими значениями, недостаточность знаний об уловистости тралов на разных глубинах заставляют в настоящее время относиться к траловым оценкам в ходе МТАС с большой осторожностью и требуют дальнейшего совер-

шенствования методики съёмок [Report of the North ..., 2008].

Материалы летних акустических съёмок осреднены по пяти периодам (1982–1985, 1986–1993, 1994–1997, 1999–2005 и 2007–2013 гг.), которые соответствуют различному тепловому состоянию вод моря Ирмингера и прилегающих к нему районов Северной Атлантики [Мельников, Карсаков, 2010].

Поскольку данные МТАС достоверно характеризовали не весь диапазон вертикального распределения скоплений окуня-клевача, нами дополнительно проанализированы статистические данные его пелагического промысла в море Ирмингера судами Российской Федерации за период 1982–2015 гг., полученные из «Центра системы мониторинга и связи» Федерального агентства по рыболовству. В отличие от данных других стран, российские данные охватывают весь период, сезоны, районы и глубины промысла, хорошо согласуясь с международной промысловой статистикой [Sigurdsson et al., 2006].

Для анализа распределения планктона в районах промысла окуня-клевача в период нагула (май–июль) в 1982–1998 гг. были использованы данные Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science [SAHFOS ..., electronic resource]. Сбор планктона осуществлялся буксируемым аппаратом в толще воды 0–10 м каждые 10 морских миль. Всего проанализировано 4438 проб планктона. Данные по распределению наиболее массовых видов планктона (*Calanus finmarchicus* и *Meganyctiphanes norvegica*) были обработаны с помощью географической информационной системы «Карт-Мастер» [Бизиков и др., 2006].

В качестве исходной океанологической информации использованы данные по температуре и солёности воды из многолетнего массива EN4.0.2 [Met Office Hadley Centre..., electronic resource; Good, Martin, Rayner, 2013]. Этот массив содержит результаты объективного анализа полей температуры и солёности Мирового океана в узлах регулярной сетки с шагом 1° по широте и долготе.

Для оценки связи теплового состояния вод в верхней пелагиали с данными МТАС 1982–2013 гг. было рассчитано теплосодержание вод (МДж/м²) в море Ирмингера и сопредельных

районах Северной Атлантики в слоях 0–200 и 0–500 м в весенний период (май–июнь) для каждого из вышеуказанных периодов лет по формуле [Богданов, 1965]:

$$Q = \int_{z_1}^{z_2} \rho \delta T dz,$$

где: z_1 и z_2 — граничные горизонты слоя воды,
 ρ — плотность морской воды,
 δ — удельная теплоёмкость морской воды,
 T — температура морской воды,
 dz — толщина элементарного слоя.

Расчёт плотности и удельной теплоёмкости морской воды проводился с использованием процедур на языке программирования Фортран, приведённых в работах [Fofonoff, Millard, 1983; Архипкин, 1992].

На основе полученных результатов были рассчитаны аномалии теплосодержания относительно базового периода 1971–2010 гг. Их распределение в двух анализируемых слоях оказалось схожим, поэтому для дальнейшего анализа использованы данные для слоя 0–200 м.

Для анализа пространственного распределения температуры и солёности использованы аномалии средних взвешенных значений этих параметров в слоях 0–400, 400–600 и 600–1000 м в тёплый сезон года (май–август), поскольку на этот период приходятся основные уловы окуня-клевача.

Для изучения пространственно-временной изменчивости структуры скоплений окуня-клевача данные по промысловым уловам для каждого из пяти вышеуказанных интервалов лет и для 2014–2015 гг. осреднялись по сферическим трапециям 1° широты 2° долготы. Для каждой сферической трапеции суммарный улов, как и в случае с океанологическими характеристиками, определялся в трёх интервалах глубин: 0–400, 400–600 и 600–1000 м.

Кроме того, пространственно-временные изменения в структуре скоплений окуня-клевача исследовались вдоль условного вертикального разреза, пересекающего основные районы промысла между 50° с.ш., 52° з.д. и 63,8° с.ш., 22,7° з.д. (рис. 1). Разрез строился вдоль дуги большого круга (ортодромии).

Разрез состоит из 21 условной станции, расположенных на расстоянии 100 км друг от друга. Для каждой условной станции проводилось

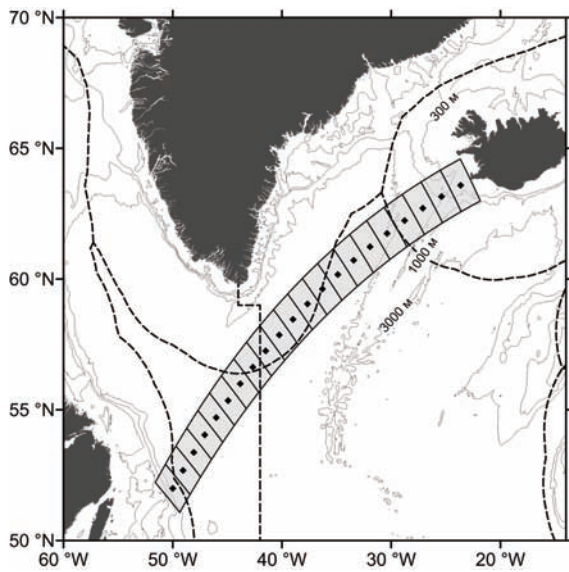


Рис. 1. Положение условного разреза для анализа изменчивости пространственно-временной структуры скоплений окуня-клювача (пунктирными линиями показаны границы 200-мильных ИЭЗ и граница между НЕАФК и НАФО)

суммирование уловов по 100-метровым слоям воды в пределах 100 км от оси разреза в обе стороны. Аномалии температуры и солёности на условных станциях получены интерполяцией значений в узлах регулярной сетки методом взвешенных расстояний в программе Climate Data Operators [CDO 2015, electronic resource].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка связи теплового состояния вод в верхней пелагиали с данными МТАС. По результатам ранее выполненных работ показано, что акустические оценки биомассы окуня хорошо согласовывались с изменениями ТПО [Мельников, Карсаков, 2010]. До середины 1990-х гг. на акватории моря Ирмингера преобладали отрицательные аномалии поверхностной температуры воды, и акустические оценки биомассы рыб были максимальными. Последовавшее затем потепление вод в верхнем слое моря совпало по времени с резким уменьшением запаса окуня.

Изменения в динамике биомассы окуня отражали крупномасштабный сдвиг в ходе развития климатических процессов на акватории всей Северной Атлантики, который проявился, прежде всего, в смене фазы Атлантической много-

декадной осцилляции (АМО) с отрицательной на положительную в 1996 г. Хорошим интегральным показателем указанного климатического сдвига является теплосодержание вод в слое 0–200 м, отражающее изменения как в характере теплообмена между атмосферой и океаном, так и в интенсивности океанической циркуляции. При этом теплосодержание вод в мае–июне в значительной мере определяет абиотические условия нагульных миграций окуня и плотность его концентраций непосредственно в районах летнего нагула.

В первой половине 1980-х гг. отмечалось наиболее низкое теплосодержание вод в верхнем 200-метровом слое за весь анализируемый период (рис. 2а). В эти годы наиболее плотные концентрации окуня-клювача ($>10 \text{ sA м}^2/\text{миля}^2$) наблюдались на локальной акватории северной части моря Ирмингера в диапазоне отрицательных аномалий теплосодержания от -350 до -300 МДж/м^2 . После 1985 г. началось постепенное увеличение весеннего теплосодержания. Оно сопровождалось смещением концентраций окуня в южную часть моря вслед за сокращением акватории с отрицательными аномалиями теплосодержания (рис. 2б и 2в). С конца 1990-х гг., после установления положительной фазы АМО, теплосодержание вод резко повысилось. Это обусловило дальнейшее смещение наиболее плотных концентраций окуня в юго-восточную часть моря Лабрадор, в район с положительными аномалиями теплосодержания от 250 до 650 МДж/м^2 (рис. 2г).

С точки зрения управления запасом окуня-клювача особый интерес представляет период после 2007 г. Он характеризуется обратным перераспределением его концентраций в северо-восточном направлении, несмотря на сохранявшийся высокий теплозапас вод моря Ирмингера (рис. 2д). Однако в отличие от предыдущих лет распределение рыб имело «пятнистый» характер. Следует отметить, что в весенние сезоны 2007–2013 гг. в море Лабрадор и юго-восточной части моря Ирмингера наблюдались максимальные положительные аномалии ТПО ($0,8\text{--}1,0^\circ\text{C}$). По сравнению с периодом 1999–2005 гг., значения аномалий в указанных районах увеличились на $0,4\text{--}0,5^\circ\text{C}$. Это было связано, прежде всего, с усилением

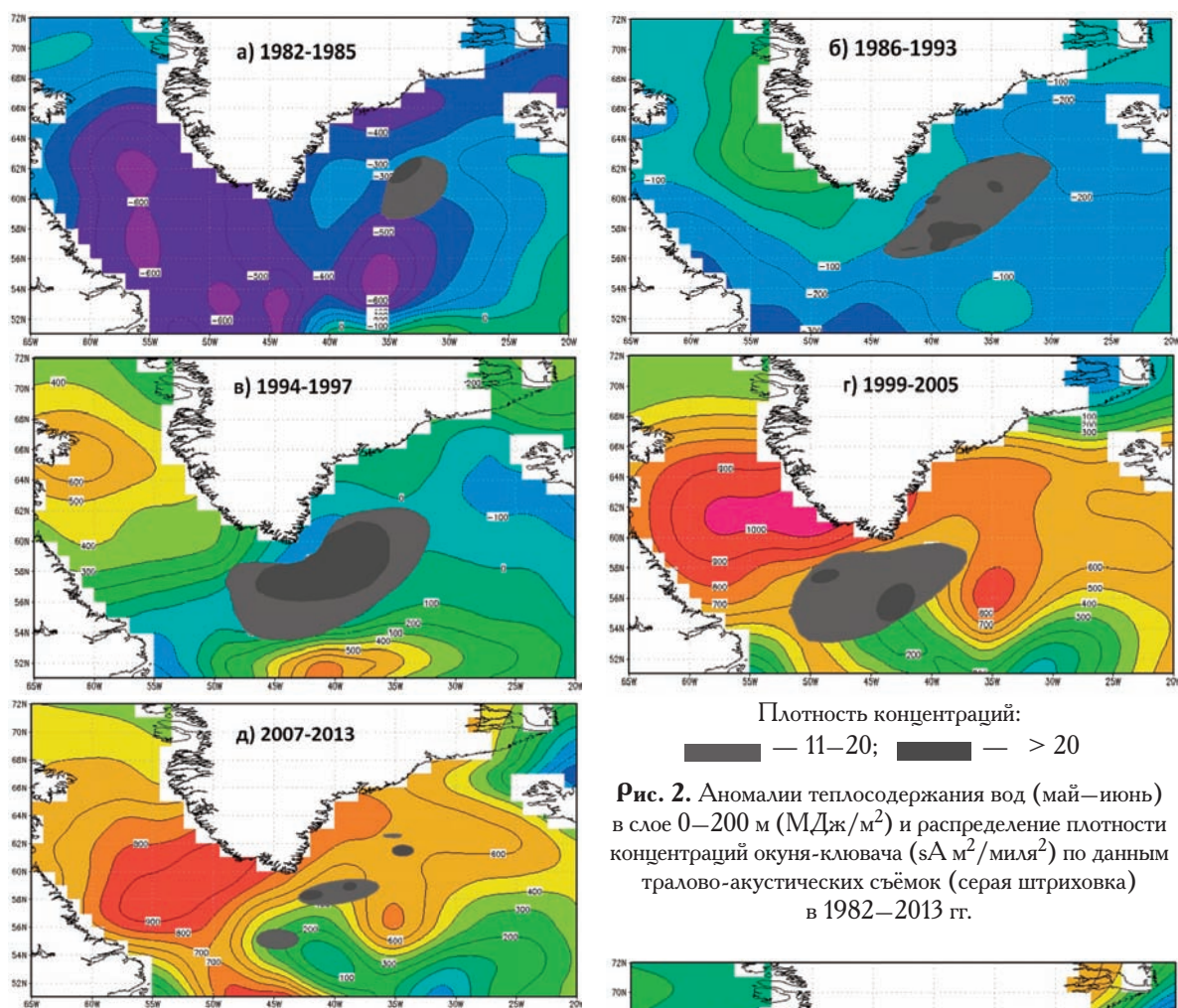


Рис. 2. Аномалии теплосодержания вод (май–июнь) в слое 0–200 м (МДж/м²) и распределение плотности концентраций окуня-клевача (сА м²/миля²) по данным тралово-акустических съёмок (серая штриховка) в 1982–2013 гг.

отрицательной фазы североатлантического колебания (САК) в конце периода 2000–2010 гг. Малооблачная погода со слабыми ветрами способствовала интенсивному весенне-летнему прогреву тонкого поверхностного слоя вод. Дополнительным фактором, способствовавшим формированию положительных аномалий температуры воды на поверхности, стало интенсивное поступление распреснённых вод вследствие таяния ледников Гренландии и сокращения площади арктического льда. Эти воды перекрывали более солёные и плотные атлантические воды и интенсивно прогревались.

В то же самое время изменения температуры воды на горизонте 200 м между 2007–2013 гг. и 1999–2005 гг. имели противоположный характер. Здесь наблюдалось понижение температуры воды на 0,2–0,3 °С. Отмеченная особенность была даже более ярко выражена в снижении среднего теплосодержания вод в слое

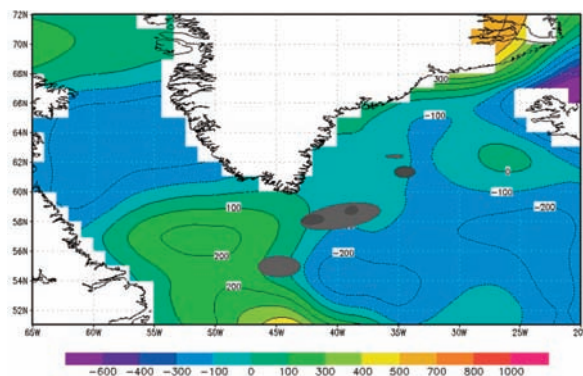


Рис. 3. Изменения весеннего теплосодержания вод в слое 0–200 м между 2007–2013 гг. и 1999–2005 гг. Серой штриховкой показаны плотности концентраций окуня-клевача для периода 2007–2013 гг.

0–200 м на 100–150 МДж/м² в центральной и северной частях моря Ирмингера от периода 1999–2005 гг. к периоду 2007–2013 гг. при одновременном росте этого параметра в южной части моря Лабрадор на 100–200 МДж/м² (рис. 3). Рассмотренные изменения в тепловом состоянии вод района исследований, по-види-

тому, привели к формированию условий для миграции окуня в традиционные районы летнего нагула в море Ирмингера.

Влияние изменчивости океанологических условий на вертикальное перераспределение скоплений окуня. Особый интерес представляет связь многолетних колебаний термических условий в верхнем 200-метровом слое вод с распределением окуня-клевача на больших глубинах, поскольку на протяжении двух последних десятилетий наблюдались значительные изменения в вертикальной структуре уловов этого промыслового объекта. Если в 1982–1994 гг., в период преобладания отрицательных поверхностных температурных аномалий (отрицательная фаза АМО), 80–90% уловов были получены в верхнем 400-метровом слое моря Ирмингера, то после резкого климатического сдвига середины 1990-х гг., сопровождавшегося установлением положительной фазы АМО и потеплением поверхностных вод, 75–85% рыбы облавливались на глубинах 600–900 м [Мельников, 2013]. Это свидетельствует о значительном вертикальном перераспределении плотных скоплений окуня, обусловленном климатическими факторами.

На рис. 4 представлены 5-летние скользящие средние аномалии весеннего теплосодержания вод в слоях 0–200 м, 200–500 м и 500–1000 м за период 1960–2014 гг. для двух основных районов распределения окуня-клевача моря Ирмингера — к северу и югу от 61° с.ш. Изменения теплосодержания во всех трёх слоях, особенно в районе к северу от 61° с.ш., демонстрируют хорошую согласованность. Временная задержка между сменой зна-

ка аномалий теплосодержания в верхнем 200-метровом слое и нижележащих слоях для обоих районов в среднем составляет 2–3 года. Таким образом, наблюдаемые климатические изменения охватывают весь диапазон глубин распределения скоплений окуня. Следует отметить, что наши результаты хорошо согласуются с данными А.А. Сарафанова [Сарафанов, 2013]. Он показал, что связанные с САК аномалии температуры и солёности в области субарктического круговорота передаются из верхних слоев океана в промежуточный и глубинный слои через 1–2 года.

На рис. 5 приведены карты аномалий температуры воды и суммарных уловов окуня в трёх диапазонах глубин (0–400, 400–600 и 600–1000 м) в весенне-летние (май–август) сезоны 1982–1985, 1999–2006 и 2014–2015 гг. В наиболее холодный период первой половины 1980-х гг. промысловые скопления окуня распределялись в верхнем 400-метровом слое северной и центральной частей моря Ирмингера при слабых отрицательных температурных аномалиях от $-0,1$ до $-0,3$ °С (рис. 5а). Потепление вод, начавшееся во второй половине 1980-х гг., привело не только к пространственному, но и вертикальному перераспределению скоплений окуня.

В период максимального потепления 1999–2006 гг. положительные аномалии выше $0,8$ – $1,1$ °С в слое 0–400 м наблюдались практически на всей акватории моря Ирмингера, тогда как в районе основного промысла в море Лабрадор их значения не превышали $0,4$ °С (рис. 5б). В то же время на северо-востоке моря Ирмингера основной промысел окуня велся

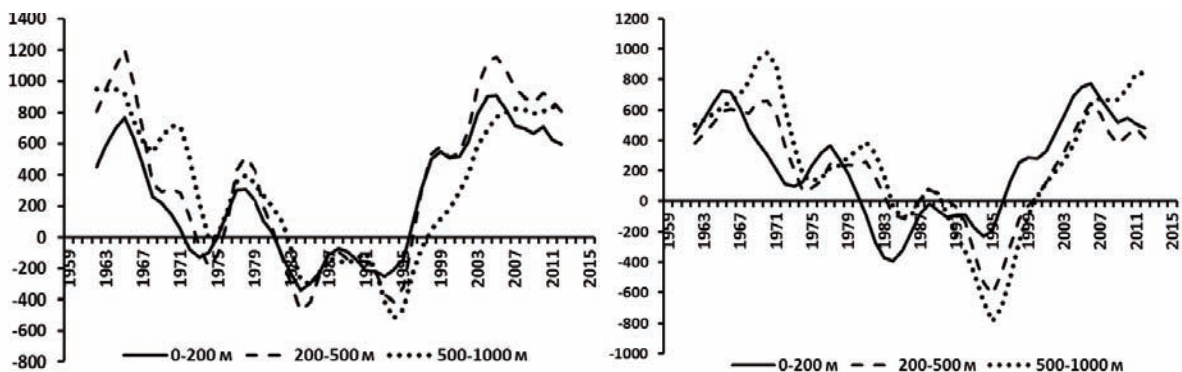


Рис. 4. Пятилетние скользящие средние весенних (май–июнь) аномалий теплосодержания вод ($\text{МДж}/\text{м}^2$) в основных районах распределения окуня-клевача моря Ирмингера к северу (а) и югу (б) от 61° с.ш. в 1950–2014 гг.

на глубине более 600 м при температуре воды, близкой к норме (рис. 5е).

В последующие 7 лет характер распределения температурных аномалий существенно не менялся. Однако наметилась тенденция к снижению их значений. При этом отмечалось увеличение интенсивности промысла окуня в промежуточном слое (400–600 м).

В 2014–2015 гг. интенсивность охлаждения вод на всей акватории района исследований усилилась (рис. 5ж, з, и). Похолодание вод в море Ирмингера сопровождалось расширением акватории, в пределах которой термические условия во всей 1000-метровой толще вод были близки к норме. Одновременно на фоне наблюдавшихся изменений в термике в слое

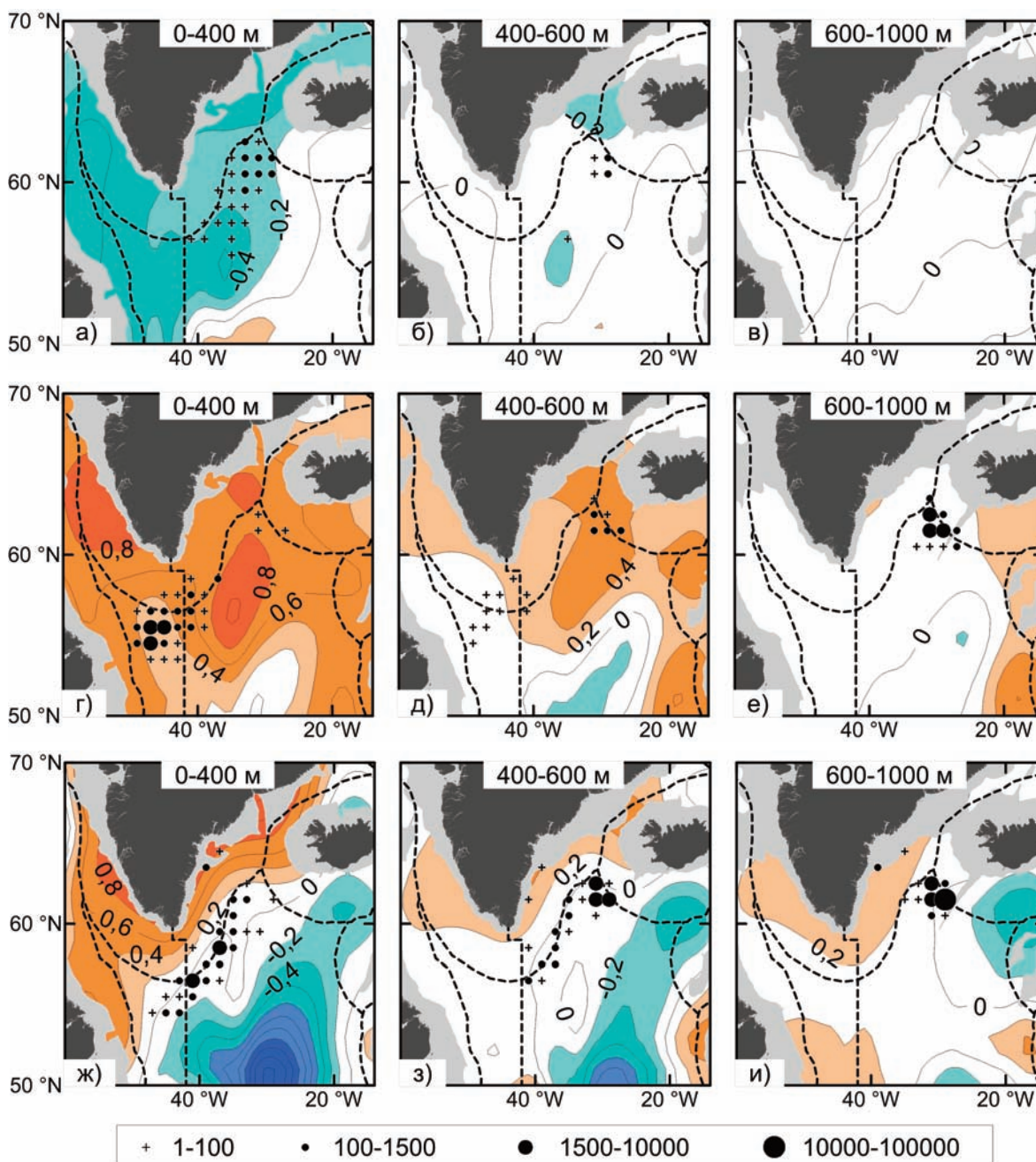


Рис. 5. Распределение аномалий температуры воды (май—август) и суммарных уловов (т) окуня-клевача в море Ирмингера и сопредельных водах в 1982–1985 гг. (а, б, в), 1999–2006 гг. (г, д, е) и 2014–2015 гг. (ж, з, и)

0–400 м отмечалось смещение промысловых концентраций из моря Лабрадор в море Ирмингера.

Более детальное представление об особенностях пространственного и вертикального перераспределения скоплений окуня в зависимости от изменений термической структуры вод демонстрирует рис. 6. На этом рисунке показаны аномалии температуры воды (май–август) и суммарные уловы окуня на условном разрезе (рис. 1) в 1982–2015 гг. Анализ изменчивости вертикальной структуры температурных аномалий на разрезе также свидетельствует о резком потеплении вод с середины 1990-х до середины периода 2000–2010 гг., которое сменилось их похолоданием вплоть до конца исследуемого периода.

В холодный период 1982–1985 гг. максимальные по абсолютным значениям отрицательные аномалии температуры воды (более $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) наблюдались в верхнем 200-метровом слое моря Лабрадор, в то время как на севере разреза (северо-восточная часть моря Ирмингера) температура воды в верхнем слое вод была близка к норме. Здесь в верхнем 500-метровом слое наблюдались наиболее плотные скопления окуня.

Рост температуры воды на разрезе в 1986–1993 гг. сопровождался расширением акватории промысла в южном направлении. Вторая половина 1990-х гг. характеризовалась развитием положительных аномалий температуры воды до глубины 300–400 м. Хотя в целом положение акватории промысла было схожим

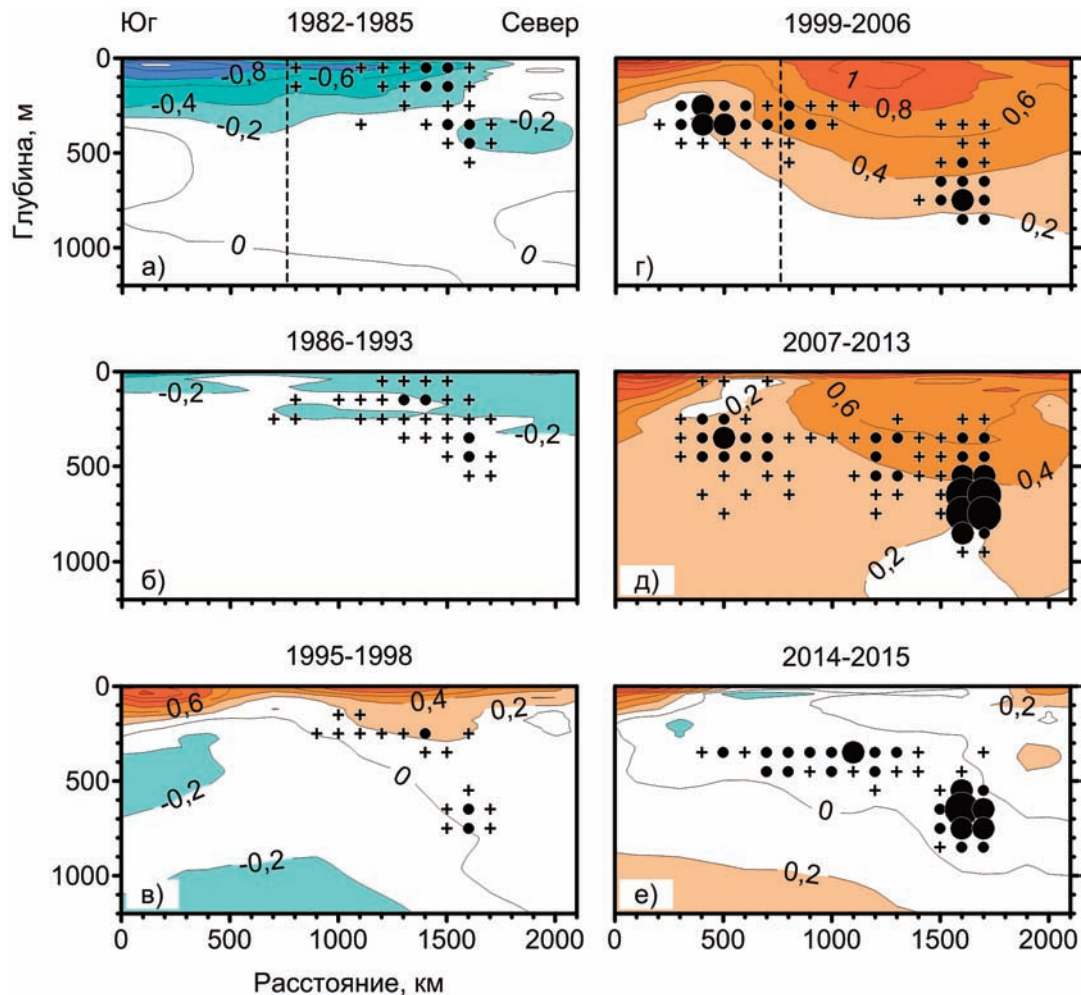


Рис. 6. Распределение аномалий температуры воды (май–август) и суммарных уловов окуня-клявача на условном разрезе для 6-ти анализируемых периодов. Легенда для объемов уловов соответствует легенде на рис. 2. Пунктир отражает пересечение осью разреза границы между НЕАФК и НАФО

с предыдущим периодом, однако на севере разреза практически все уловы были приурочены к водам с близкой к норме температурой на глубинах более 500 м. В первой половине периода 2000–2010 гг. наблюдалось распространение потепления в промежуточный и глубинный слои вод на разрезе. К этому периоду приурочено формирование двух отдельных районов промысла окуня-клевача. На северо-востоке моря Ирмингера основные промысловые скопления распределялись на глубине 600–900 м, в море Лабрадор — на глубине 300–400 м. В обоих районах скопления отмечались в водах, в которых положительные аномалии температуры не превышали 0,4 °C. Формирование обособленных районов промысла в значительной степени связано с наличием в центральной части разреза на глубинах до 400 м «линзы» вод с положительными аномалиями температуры от 0,6 до 1,2 °C.

В период 2007–2013 гг. термическая структура вод на разрезе стала более однородной. Это сопровождалось смещением глубины верхней границы промысла с 600 до 400 м на севере и заглублением его нижней границы с 400 до 500 м на юге.

Формирование относительно однородной термической структуры вод на разрезе в 2007–2013 гг. и их похолодание в 2014–2015 гг. до температурных показателей, близких к средне-многолетним, т.е. оптимальных для окуня, привело к смещению промысловых скоплений на глубинах до 400 м из моря Лабрадор в южную часть моря Ирмингера и, в конечном итоге, к формированию единого промыслового района. При этом положение глубоководного участка промысла на северо-востоке моря Ирмингера, сформированного во второй половине 1990-х гг., осталось неизменным.

Аналогичные результаты получены при анализе связи изменчивости вертикальной структуры аномалий солёности на разрезе с вертикальным распределением промысловых скоплений окуня-клевача. При этом с середины 1980-х гг. наблюдалось осолонение вод в районе исследования, достигшее максимума в первой половине периода 2000–2010 гг. В дальнейшем сформировалась тенденция к понижению солёности во всей толще вод, сохраняющаяся до настоящего времени.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выявленные изменения в распределении скоплений и районов промысла окуня, совпавшие с потеплением середины 1990-х гг., были обусловлены существенным ослаблением субполярного циклонического круговорота (СЦК) — основного района обитания окуня [Lohmann et al., 2009]. Ослабление круговорота, связанное, прежде всего, с резким ослаблением САК в зимний период 1995–1996 гг., проявилось в усилении притока более тёплых и солёных вод в район к югу от Исландии. Изменения в характере развития океанологических процессов, затронувшие всю субарктическую область в Северной Атлантике, оказали определяющее воздействие на трофические цепи в экосистеме моря Ирмингера.

Взаимодействие тёплых вод течения Ирмингера и холодных вод Восточно-Гренландского течения ведёт к формированию гидрологических фронтов, основными из которых являются полярный и северный субполярный. К этим фронтам приурочены участки повышенной биологической продуктивности. Пополнение верхних слоев моря биогенными элементами в местах интенсивного подъёма промежуточных вод обеспечивает концентрирование на этих участках кормового зоопланктона, что ведет к образованию плотных скоплений окуня [Педченко, 2001].

Данные анализа избирательности питания разных размерных групп окуня-клевача свидетельствуют, что в пище мелких рыб длиной до 35 см преобладают планктонные ракообразные (Copepoda, Amphipoda, Euphausiacea). У среднеразмерных особей длиной 36–40 см, помимо ракообразных, в рационе возрастает доля мезопелагических рыб (Myctophidae, Paralepididae, Gonostomatidae, Chauliodontidae), креветки и молоди головоногих моллюсков, которые являются доминирующими в питании крупного окуня длиной более 40 см (таблица) [Melnikov, 2007]. Приуроченность планктонных ракообразных преимущественно к верхнему 400-метровому слою, а мезопелагических рыб и макропланктона к большей глубине, определяет широкий диапазон вертикального распределения окуня. При этом мелкие особи распределяются в основном в верхнем слое, крупные рыбы приурочены к большим глуби-

Таблица. Частота встречаемости (% от желудков с пищей) основных компонентов питания у окуня-клювача разных размерных групп

Компоненты питания	Размерные группы, см				
	26–30	31–35	36–40	41–45	46–50
Copepoda	24,5	10,7	9,3	1,1	0,0
Euphausiacea	21,1	7,8	5,6	2,3	0,0
Hyperiidæ	38,1	40,1	26,4	23,8	30,4
Pandalidae	4,1	11,2	17,9	31,4	45,4
Gonarus fabricii	10,2	20,6	23,4	17,8	0,0
Pisces	2,0	9,8	17,4	23,6	24,2

нам, а среднеразмерные могут встречаться повсеместно.

В апреле—мае северный субполярный фронт расположен в районе западного склона хребта Рейкьянес, к которому приурочен массовый вымет предличинок окуня. После завершения нереста окунь-клювач, постоянно обитающий у материковых склонов, мигрирует в места нагула. Долгое время полагали, что с мест вымета предличинок весь окунь по мере прогрева вод вслед за северным субполярным фронтом мигрирует для откорма в восточную часть 200-мильной рыболовной зоны Гренландии [Pavlov et al., 1989]. По результатам последних исследований доказано, что кормовая миграция половозрелых особей из центральной части моря Ирмингера к местам нагула происходит в двух основных направлениях [Melnikov, 2016]. Установлено, что отмечаемое в летний период смещение к юго-западу субполярного фронта и приуроченных к нему планктонных ракообразных, распределяющихся в верхнем 500-метровом слое пелагиали, обуславливает направленность нагульной миграции рыб длиной менее 40 см. Особи длиной более 40 см смещаются в северном направлении, где на глубине более 500 м откармливаются распределяющимися там в большом количестве мезопелагическими рыбами, креветкой и молодью головоногих моллюсков.

Повышение температуры воды со второй половины 1990-х гг. привело к изменениям структуры пелагических скоплений окуня-клювача. Так, на севере моря Ирмингера произошла значительная дифференциация размерного состава рыб всей вертикали их распределения.

С 1995 по 2001 гг. в летний период средняя длина окуня на глубине до 500 м уменьшилась на 3,9 см и увеличилась на 1,5 см на глубине более 500 м. Доля рыб длиной 36–40 см в обоих исследованных слоях уменьшилась в 2,5–4 раза. Доля крупных особей длиной более 40 см на глубине свыше 500 м увеличилась с 47 до 73%, в то время как на глубине менее 500 м уменьшилась с 5,3 до 1,6%. Несмотря на увеличение доли мелкой рыбы в верхнем слое, её абсолютная численность там по результатам акустических оценок резко уменьшилась — с 452,9 до 82,7 млн экз. Одновременно в южной части моря Ирмингера и в море Лабрадор отмечалось уменьшение средних размеров рыб. По всему диапазону глубин проходило активное пополнение скоплений особями длиной менее 35 см, доля которых за этот период увеличилась в 2–3 раза [Мельников, Карсаков, 2010].

Нами выявлены особенности межгодовой изменчивости в распределении основных объектов питания окуня-клювача в районах его промысла в периоды с различным тепловым состоянием поверхностных вод. Так, в период холодных и умеренных лет 1982–1995 гг. основные скопления *Calanus finmarchicus* и *Meganctiphanes norvegica* в мае—июле распределялись в центральной и южной частях моря Ирмингера (рис. 7а, 8а). В этих же районах на глубине до 400 м проходили нагул и масштабный промысел окуня-клювача. С началом резкого потепления вод со второй половины 1990-х гг. наиболее плотные концентрации кормового зоопланктона значительно сместились в юго-западном направлении (рис. 7б, 8б). К этому же периоду было приурочено форми-

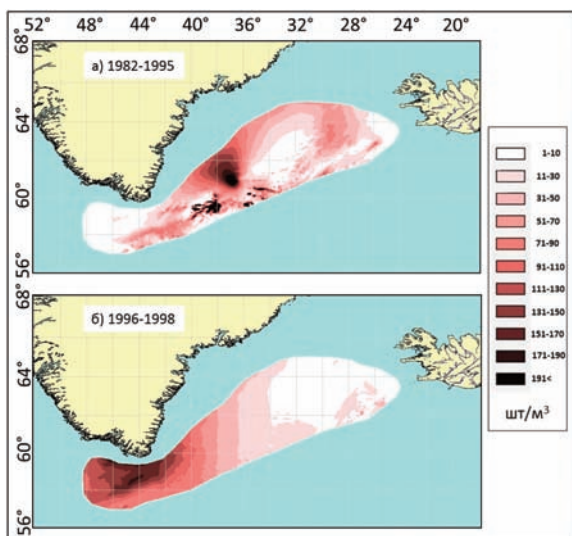


Рис. 7. Распределение *Calanus finmarchicus* (шт/м³) в толще воды 0–10 м в пелагиали морей Ирмингера и Лабрадор в мае–июле 1982–1998 гг.

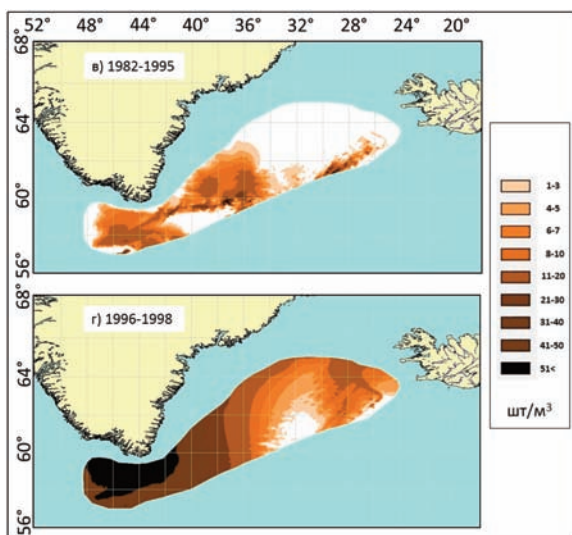


Рис. 8. Распределение *Meganyctiphanes norvegica* (шт/м³) в толще воды 0–10 м в пелагиали морей Ирмингера и Лабрадор в мае–июле 1982–1998 гг.

рование отдельного района промысла окуня-клевача в пелагиали моря Лабрадор.

Анализ данных по изменению горизонтальной и вертикальной структуры скоплений и распределения планктона свидетельствует, что в период роста температуры воды происходит расширение ареала пелагических скоплений окуня в направлении моря Лабрадор за счёт увеличения на 400–500 миль протяженности кормовых миграций мелких рыб в слое до 500 м. Среднеразмерные особи, как наиболее плас-

тичные в питании, частично мигрируют вслед за мелкими, частично перераспределяются на глубину более 500 м на севере моря Ирмингера и переключаются в питании с планктонных ракообразных на макропланктон и рыбные объекты. Колебания температуры воды не оказывают влияния на распределение кормовых организмов, обитающих на больших глубинах, вследствие чего положение области нагула крупного окуня на севере моря Ирмингера остается неизменным.

Во второй половине периода 2000–2010 гг. наметилась тенденция к похолоданию и распреснению вод субполярного круговорота. Это сопровождалось обратным перераспределением мелкоразмерного окуня в традиционные районы нагула моря Ирмингера, где он питался до середины 1990-х гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований показали, что изменчивость океанологических условий в период 1982–2015 гг. оказывала значительное влияние как на горизонтальное, так и на вертикальное распределение скоплений окуня-клевача в пелагиали Северной Атлантики. При этом его нагульные скопления были приурочены к районам и глубинам с температурой и солёностью вод, близкими к среднеевропейской норме.

Повышение температуры воды со второй половины 1990-х гг., совпавшее по времени с ослаблением СЦК, сопровождалось усилением притока тёплых и солёных вод в восточную часть моря Ирмингера, включая традиционные районы нагула окуня-клевача. Это обусловило смещение на юго-запад (в направлении центра СЦК) планктонных ракообразных, распределяющихся в поверхностном слое моря, вслед за которыми перераспределилась и большая часть окуня длиной до 40 см. Колебания температуры воды не оказывают влияния на распределение кормовых организмов, обитающих на больших глубинах, вследствие чего положение области нагула крупного окуня длиной более 40 см на севере моря Ирмингера остается неизменным. В результате после 1999 г. сформировались 2 отдельных района промысла: в северо-восточной части моря Ирмингера на глубинах более 500 м и в море Лабрадор на глубинах менее 500 м.

Во второй половине периода 2000–2010 гг. начались похолодание и распреснение вод ЦСЖ, особенно в верхнем 400-метровом слое, что сопровождалось обратным перераспределением мелкого окуня в северо-восточном направлении и формированием единого промыслового района, как это было до середины 1990-х гг.

Таким образом, влияние океанологических условий и в более широком смысле — климата, приводит к изменениям в распределении, структуре популяции и промысле окуня-клювача, что, безусловно, необходимо учитывать при разработке стратегии устойчивой эксплуатации данного вида в пелагиали моря Ирмингера.

Полученные результаты свидетельствуют также, что к оценкам влияния потепления климата на распределение гидробионтов в районах ИКЕС надо подходить дифференцированно в зависимости от особенностей биологии изучаемого объекта.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы статьи выражают глубокую признательность Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science за предоставленные данные по планктону Северной Атлантики.

ЛИТЕРАТУРА

- Архипкин В.С. 1992. Алгоритмы и программы на Фортране по обработке океанологической информации. М.: МГУ. 84 с.
- Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «Карт-мастер» для обработки данных биоресурсных съёмок // VII Всеросс. конфер. пром. беспозв. М.: Изд-во ВНИРО. С. 18–24.
- Богданов М.А. 1965. О динамике вод Фареро-Исландского порога // Труды ВНИРО. Т. 57. С. 33–41.
- Мельников С.П. 2013. Окунь-клювач *Sebastes mentella* Атлантического и Северного Ледовитого океанов (популяционная структура, биология, промысел). Автореф. дисс. ... док. биол. наук. М.: Изд-во ВНИРО. 49 с.
- Мельников С.П., Карсаков А.А. 2010. Оценка обособленности изменения мер международного регулирования промысла окуня-клювача в районах Конвенций НЕАФК и НАФО // Труды ВНИРО. Т. 149. С. 220–237.
- Педченко А.П. 2001. Океанографические условия моря Ирмингера и их влияние на распределение окуня-клювача. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб. 23 с.
- Сарафанов А.А. 2013. Циркуляция и термохалинные характеристики вод субарктической Атлантики: среднее состояние и изменения в масштабе десятилетий. Автореф. дисс. ... док. геогр. наук. М.: ИОРАН. 50 с.
- Яблоков А.В. 1987. Популяционная биология: учеб. пособие для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк. 303 с.
- Cadrin S., Friedland K., Waldman J. 2005. Stock identification methods — an overview // In: Stock identification methods. Applications in Fishery Science (Cadrin S.X., Friedland K.D. and Waldman J.R., eds.). Elsevier Academic Press. P. 3–5.
- CDO 2015: — Climate Data Operators [Electronic resource]. — URL: <http://www.mpimet.mpg.de/cdo>.
- Fofonoff N.P., Millard R. C-Jr. 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. UNESCO technical papers in marine science. № 44. 53 p.
- Good S.A., Martin M.J., Rayner N.A. 2013. EN4: quality controlled ocean temperature and salinity profiles and monthly objective analyses with uncertainty estimates // Journal of Geophysical Research: Oceans. № 118. P. 6704–6716. doi:10.1002/2013JC009067.
- Lohmann K., Drange H., Bentsen M. 2009. A possible mechanism for the strong weakening of the North Atlantic subpolar gyre in the mid-1990s // Geophysical Research Letters. V. 36. L15602. doi:10.1029/2009GL039166.
- Melnikov S.P. 2007. The use of information on parameters of the life cycle in the management of *S. mentella* fisheries in the Irminger Sea. ICES CM/L:03. 19 p.
- Melnikov S.P. 2016. Intraspecific structure of beaked redfish *Sebastes mentella* of the Atlantic and Arctic oceans // Journal of Ichthyology. V. 56. №1. P. 52–71.
- Met Office Hadley Centre — Температура и солёность воды [Electronic resource]. — URL: <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/en4/index.html> (дата обращения: 03.08.2017 г.).
- Novikov G.C., Stroganov A.N., Shibanov V.N., Melnikov S.P. 2006. Biological and genetic characteristics of redfish *Sebastes mentella* of the Irminger Sea and adjacent waters // Deep Sea 2003: Conference on the Governance and Management of Deep-sea Fisheries. Rome: FAO. Part 2. P. 66–76.
- Pavlov A.I., Mamylov V.S., Noskov A.S., Romanchenko A.N., Ivanov A.V. 1989. Results of USSR investigations of *Sebastes mentella* Travin in 1981–1988 (ICES Subareas XII, XIV). ICES CM/G:17. 25 p.
- Report of the North-Western Working Group // ICES CM 2008 / ACOM:03.
- Report of the Workshop on Redfish Stock Structure (WKREDS) // ICES CM 2009 / ACOM:37.
- Roques S., Palotta D., Sevigny J.-M., Bernatchez L. 1999. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite markers in the North Atlantic redfish (Teleostei: Scorpaenidae, genus *Sebastes*) // Molecular Ecology. № 8. P. 685–686.
- SAHFOS Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science — Raw data doi: 10.7487/2017.213.1.1070 - *Calanus finmarchicus*, *Meganyctiphanes norvegica* [Electronic resource]. — URL: <http://doi.sahfos.ac.uk/doi-library/dmitriy-artmenkov.aspx> (дата обращения: 01.08.2017 г.).

Sigurdsson T., Rtz H.-J., Melnikov S., Nedreaas K., Reinert J. 2006. The fishery for pelagic redfish (*Sebastes mentella*) in the Irminger Sea and adjacent waters // ICES Journal of Marine Science. № 63. P. 725–736.

REFERENCES

- Arhipkin V.S. 1992. Algoritmy i programmy na Fortrane po obrabotke okeanologicheskoy informacii [Algorithms and programs in FORTRAN for processing oceanographic data]. M.: MGU. 84 s.
- Bizikov V.A., Goncharov S.M., Polyakov A.V. 2006. Novaya geograficheskaya informacionnaya sistema «Kartmaster» dlya obrabotki dannyh bioresursnyh s'emok [GIS «Chartmaster» — new geographic information system for processing the data of hydrological] // VII Vseross. konfer. prom. bespozv. M.: Izd-vo VNIRO. S. 18–24.
- Bogdanov M.A. 1965. O dinamike vod Farero-Islandskogo poroga [On water dynamics in the Faroe-Shetland Channel] // Trudy VNIRO. T. 57. S. 33–41.
- Mel'nikov S.P. 2013. Okun'-klyuvach *Sebastes mentella* Atlanticheskogo i Severnogo Ledovitogo okeanov (populyacionnaya struktura, biologiya, promysel) [The deep-water redfish *Sebastes mentella* from Atlantic and Northern Polar Ocean: population structure, biology, and fish-

ery]. Avtoref. diss. ... dok. biol. nauk. M.: Izd-vo VNIRO. 49 s.

Mel'nikov S.P., Karsakov A.L. 2010. Ocenka obosnovannosti izmeneniya mer mezhdunarodnogo regulirovaniya promysla okunya-klyuvacha v rajonah Konvencij NEAFK i NAFO [Assessment of required measures of international control of fishery of the deepwater redfish in the regions under Convention of North East Atlantic Fisheries Commission (NEAFC) and Northwest Atlantic Fisheries Organization (NAFO)] // Trudy VNIRO. T. 149. S. 220–237.

Pedchenko A.P. 2001. Okeanograficheskie usloviya morya Irmingera i ih vliyanie na raspredelenie okunya-klyuvacha [Oceanographic conditions in the Irminger Sea and their impact on redfish distribution]: Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. SPb. 23 s.

Sarafanov A.A. 2013. Cirkulyaciya i termohalinnye harakteristiki vod subarkticheskoy Atlantiki: srednee sostoyanie i izmeneniya v masshtabe desyatiletij [Circulation and thermohaline characteristics of subarctic Atlantic waters: long-term mean state and multi-decadal variations]. Avtoref. diss. ... dok. geog. nauk. M.: IORAN. 50 s.

Yablokov A.V. 1987. Populyacionnaya biologiya: ucheb. posobie dlya biol. spec. vuzov [Population biology]. M.: Vyssh. shk. 303 s.

Поступила в редакцию 03.10.2017 г.

Принята после рецензии 22.11.2017 г.

Influence of variability of oceanological conditions on redfish in the North Atlantic pelagial

A.S. Krovnin, S.P. Melnikov, K.K. Kivva, D.V. Artemenkov, G.P. Moury

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

Based on the data for 1982–2015, the significant influence of variability of oceanographic conditions on spatial and vertical distribution of redfish concentrations in the North Atlantic pelagial has been revealed. Warming of the Irminger Sea continued until the mid-2000s, resulted in the southwestward shift of subsurface planktonic crustaceans, followed by the correspondent mass migrations of fish less than 40 cm which preferred these organisms as food. However, changes in water temperature did not affect distribution of prey at greater depths (> 500 m). Thus, feeding grounds of larger fish (> 40 cm) in the northern Irminger Sea were stable. As a result, since 1999 two separate fishery areas located in the northeastern Irminger Sea at depths of 500–1000 m and in the Labrador Sea at depths of 0–500 m, were formed. In the second half of the 2000s, the tendency toward cooling and freshening of Subpolar Gyre waters, especially in the upper 400-m layer, appeared. It was accompanied by the backward redistribution of small redfish to the northeast and formation of a single fishery area, as it was until the mid-1990s. In general, the results obtained demonstrate that feeding migrations of redfish are directed to the areas and depths, where water temperature and salinity are close to their long-term means.

Keywords: Irminger Sea, oceanological conditions, redfish, structure of redfish concentrations, migrations.