



УДК 57.022

АДАПТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ПЕЛАГИЧЕСКИХ И ДЕМЕРСАЛЬНЫХ РЫБ В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ И ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКЕ ФАКТОРА СОЛЕННОСТИ ВОД БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

И.В. Карпушевский, А.С. Зезера и В.М. Иванович

Федеральное государственное унитарное предприятие «Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП «АтлантНИРО»), ул. Дм. Донского 5, Калининград, Россия;
e-mails: karpushevskiy@atlant.baltnet.ru; zezera@atlant.baltmet.ru; ivanovich@atlant.baltnet.ru

РЕЗЮМЕ

Интегрированный анализ изменчивости абиотических и биотических компонент в юго-восточной Балтике (на примере Гданьского бассейна) за последние несколько десятилетий (1974–2010 гг.) свидетельствовал о значительных изменениях в экосистеме моря. Фактор солености в этом аспекте сыграл главную роль в значительном сокращении нерестового ареала трески, с одной стороны, а с другой, вместе с повышением температуры воды определил доминирование сельдевых рыб в экосистеме Балтийского моря.

Ключевые слова: Балтийское море, соленость, сельдь, треска, шпрот

ADAPTIVE FEATURES OF POPULATIONS PELAGIC AND DEMERSAL FISH IN THE SPATIAL AND TEMPORAL DYNAMICS SALINITY WATERS FACTOR OF THE BALTIC SEA

I.V Karpushevskiy, A.S. Zezera and V.M. Ivanovich

Federal State Unitary Enterprise “Atlantic Scientific Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography” (FSUE “AtlantNIRO”), Dm. Donskoy Str., 5, Kaliningrad, Russia; e-mails: karpushevskiy@atlant.baltnet.ru; zezera@atlant.baltmet.ru; ivanovich@atlant.baltnet.ru

ABSTRACT

The integrated analysis of the variability of abiotic and biotic components in South-Eastern Baltic (Gdansk Basin as an example) over the past few decades (1974–2010), testified significant changes in the ecosystem of the sea. Salinity factor in this aspect has played a major role in the significant reduction in the spawning grounds of cod on the one hand, on the other, along with the increase of water temperature determined the dominance of sprat and herring in the ecosystem of the Baltic Sea.

Key words: The Baltic Sea, salinity, herring, cod, sprat

ВВЕДЕНИЕ

Соленость вод в Балтийском море является одной из наиболее важных характеристик абиотической компоненты экосистемы. Наряду с температурой, соленость определяет плотностную стратификацию водной толщи, интенсивность вертикального перемешивания, горизонтальную

термохалинную циркуляцию, гидрохимические и другие процессы, играющие важную роль в жизни различных групп организмов во всех звеньях трофической цепи. Режим солености характеризуется как долгопериодной изменчивостью, сменой стадий осолонения и опреснения продолжительностью до нескольких десятилетий, так и менее продолжительными периодами колебания соле-

ности в пределах нескольких лет или одного года. Главными режимобразующими факторами изменения солёности в Балтике являются водообмен с Северным морем (адвекции североморских вод) и речной сток (Антонов, 1987; Зезера и Грибов, 2004; Matthaus, 2006; Зезера, 2009). Большинство рыб морского фаунистического комплекса (в том числе и такие важные промысловые виды, как треска, шпрот и сельдь) обитают на границах своего ареала и имеют различную степень толерантности к изменению (диапазону) абсолютных значений солёности (Feldman, et al., 2002). Особенности адаптации конкретного вида рыб к условиям среды Балтийского моря определяют соответствующую их «реакцию» на колебание солёности, т.е. в конечном итоге (через условия нереста, выживаемость на ранних стадиях, условия нагула) и состояние их популяций (численность, биомассу вида и ареал его распространения) в различные периоды времени.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В данной работе выполнен анализ долгосрочных трендов солёности и других гидрологических характеристик в различных районах Балтики на основе многолетних наблюдений на международных мониторинговых океанографических станциях в Борнхольмской (станция ВУ-5), Гданьской (станция Р-1) и Готландской впадинах (станция ВУ-15) за период 1974–2010 гг. (рис. 1). Также был проведен интегрированный анализ изменчивости абиотических и биотических компонент (на примере Гданьского бассейна) при помощи программы R 2.11.1 for Windows и ее пакетов для статистических вычислений методом главных компонент (ICES 2011a). Проанализирована изменчивость различных компонент экосистемы за период 1974–2010 гг. и отдельно за 1992–2010 гг. (см. табл. 1) Были использованы данные комплексных съемок, выполняемых ФГУП «АтлантНИРО» в Балтийском море, базы данных ИКЕС. Характеристика состояния биотических переменных (величина запаса и численность пополнения основных промысловых видов рыб) выполнена на основе данных осенних международных гидроакустических съемок и зимних донных траловых съемок, проводимых ФГУП «АтлантНИРО» и институтами других стран в Балтийском море (ICES 2011b), а также по результатам рабочей группы

ИКЕС по оценке запасов рыб в Балтийском море (ICES 2011c), в работе которой ежегодно принимают участие специалисты ФГУП «АтлантНИРО».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Период 1974–2010 гг. В конце 1980-х гг. были отмечены изменения знака трендов параметров среды, связанных с потеплением климата и «вступлением» Балтийского моря в теплый период (рис. 2–3). Режим солёности поверхностных и придонных вод в 80-е гг. характеризовался выраженным отрицательным трендом, который свидетельствовал о наступлении очередного периода опреснения моря. При этом апогей распреснения глубинных и придонных вод наблюдался в 1990 г., поверхностных – в 2000 г. Заглубление изогалины 11‰, являющейся верхней границей нерестового биотопа трески в Готландском бассейне, и её «выклинивание» в Гданьской котловине в конце 80-х гг. привело к значительному ухудшению условий для её воспроизводства. Увеличение абсолютных значений солёности в глубинных слоях моря произошло после мощной адвекции североморских вод в 1993 г. и после втока 2003 г. С 2003 г. было отмечено заметное увеличение объема трансформированных североморских вод (глубина залегания изогалины 11‰ вышла на уровень 70-х гг.) и, как следствие, увеличение объема вод благоприятного для воспроизводства трески в Гданьском нерестовом ареале. Однако солёность воды верхнего слоя моря, несмотря на смену знака тренда на положительный после 2000 г., по-прежнему характеризуется пониженными значениями и отрицательными аномалиями.

Важной особенностью режима глубинных вод последние 15 лет является дефицит кислорода, как следствие редкости мощных втоков североморских вод (с середины 80-х гг. – только две адвекции 1993, 2003 гг.) и повышения температуры воды в придонном слое.

В начале 90-х гг. было отмечено увеличение запаса шпрота, который в 1996–1997 гг. достиг максимума. В настоящее время величина его запаса находится немного выше среднесовременного уровня. Запас сельди центральной Балтики в этот период снизился до минимума в 2001 г., после немного вырос и стабилизировался на низком уровне. Нерестовый запас трески снизился с наивысшего уровня, наблюдавшегося в 1980–1984 гг., к

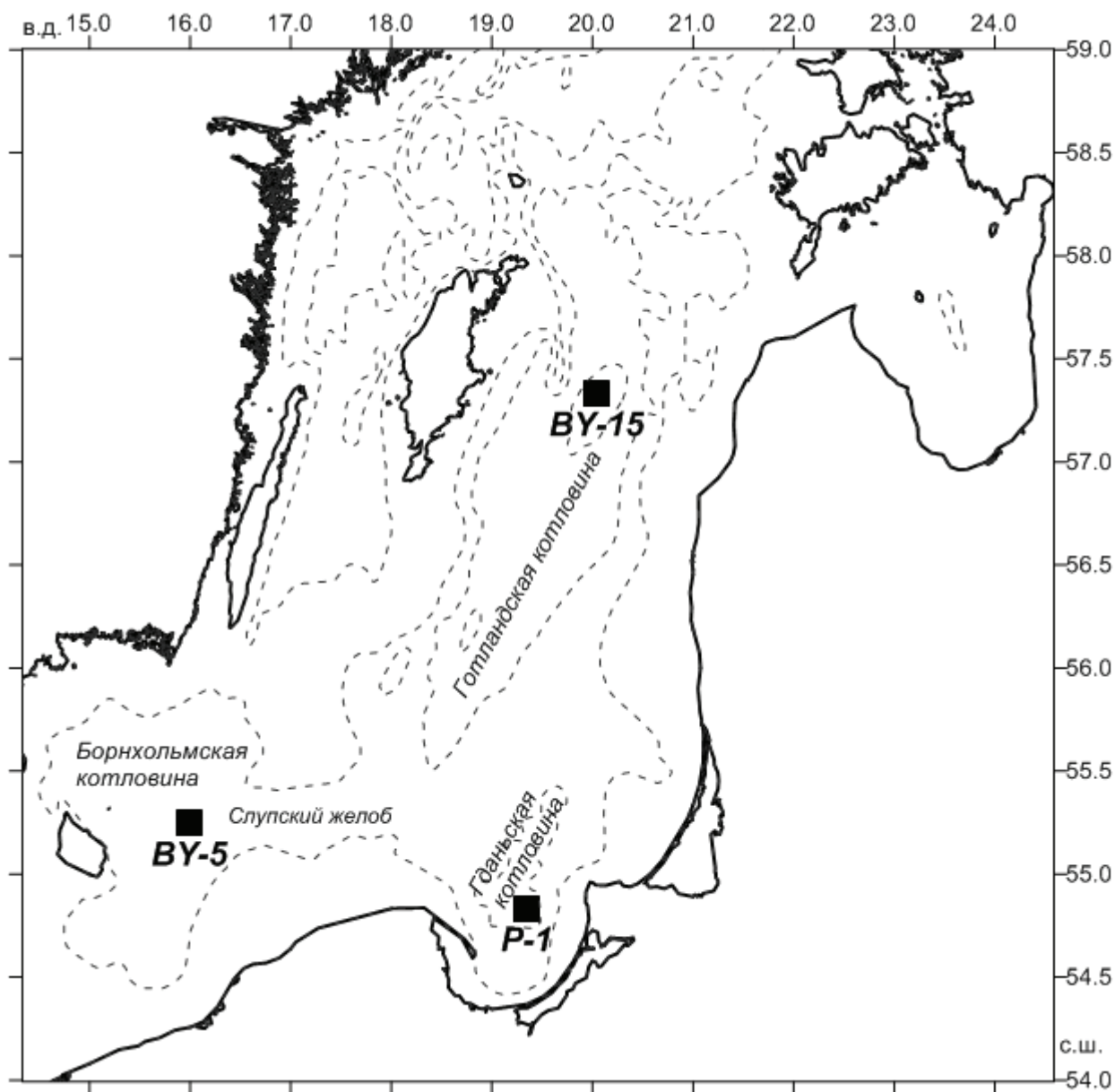


Рис. 1. Схема расположения мониторинговых станций в Балтийском море.

Fig. 1. Location scheme of monitoring stations in the Baltic Sea.

минимальному – в 2005 г. В последнее пятилетие запас трески начал расти, однако все еще остается ниже среднегогодового уровня.

Результаты интегрированного экосистемного анализа за период 1974–2010 гг. представлены на рис. 4, А. Наиболее важными, определившими главный режимный сдвиг в экосистеме Балтий-

ского моря в конце 80-х гг. по компоненте 1 (объясняет 42% дисперсии), явились переменные, связанные с распреснением моря (с апогеем в придонном слое на рубеже 90-х гг., в поверхностном слое – в начале 2000-х гг.). На фоне изменений абиотических условий произошло увеличение запаса шпрота до максимального уровня и сни-

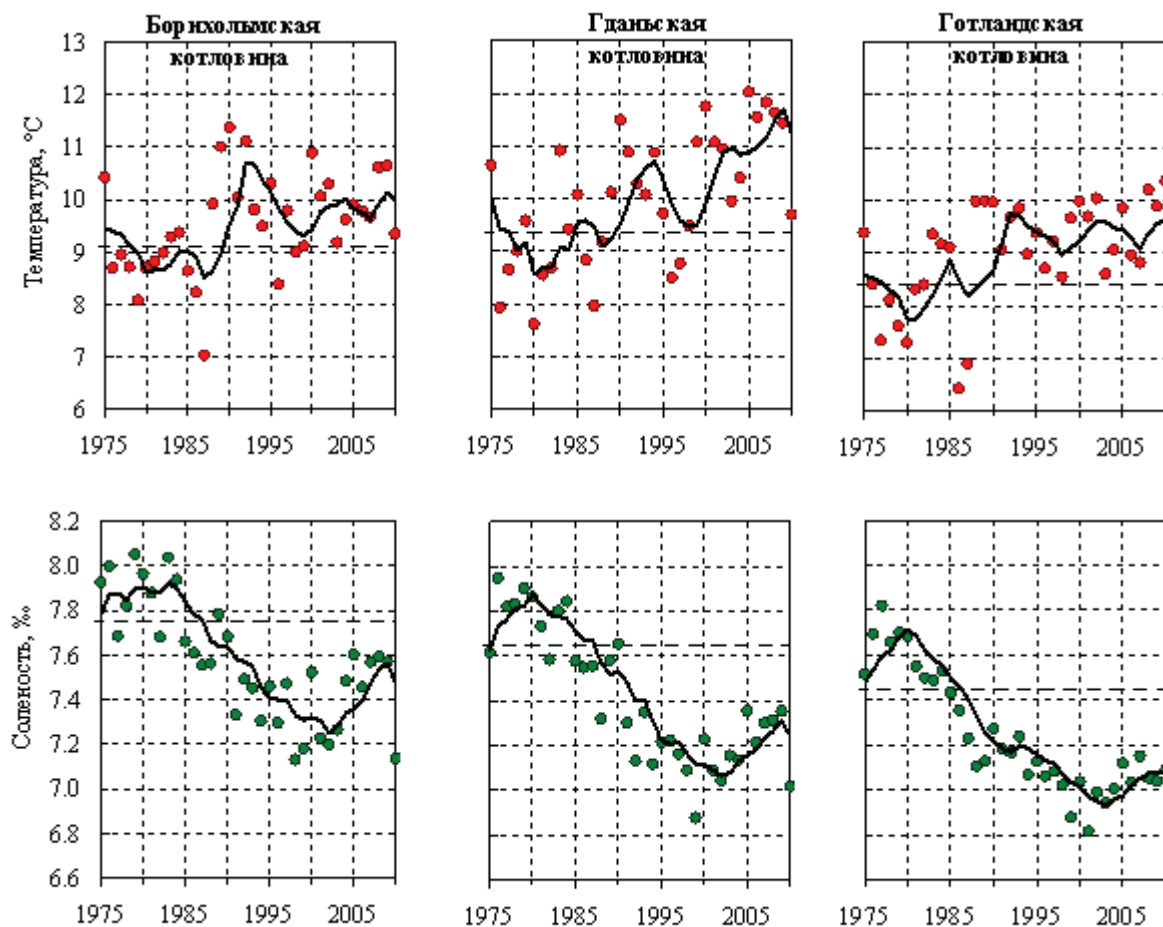


Рис. 2. Многолетние изменения среднегодовых значений температуры и солености и их 5-летние скользящие средние в поверхностном слое в Борнхольмской, Гданьской и Готландской впадинах (1975–2010 гг.). Пунктирная линия – среднее многолетнее значение.

Fig. 2. Long-term changes in mean annual temperature and salinity, and their 5-year moving averages in the surface layer in the Bornholm, Gdansk and Gotland basins (1975–2010). The dotted line is the average long-term value.

жение запасов сельди и трески. По компоненте 2 (27% дисперсии) были выявлены дополнительные изменения в экосистеме региона после втока 2003 г., связанные с увеличением солесодержания глубинных и придонных вод и ростом запаса трески и сельди.

Период 1992–2010 гг. Результаты интегрированного экосистемного анализа за период 1992–2010 гг. представлены на рис. 4, В. Солевой режим придонных вод характеризовался положительным трендом. С 2005 г. на фоне увеличения поверхностной солености было отмечено увеличение солености по всей толще. При этом в придонном

слое произошло ухудшение кислородного режима. С 2004–2005 гг. наблюдалось снижение численности пополнения шпрота, а с 2007 г. – и величины его запаса до среднеевропейского уровня. Несмотря на снижение всей единицы восточного запаса трески в 2005 г. до минимального исторического уровня, в юго-восточной Балтике, напротив, с начала 2000-х гг. наблюдалось некоторое увеличение численности пополнения и величины запаса трески, с резко выраженным положительным скачком в 2008 г. и с высоким темпом роста ее биомассы в 2009–2010 гг. Запас сельди и численность пополнения уменьшились с середины 90-х гг., несколько

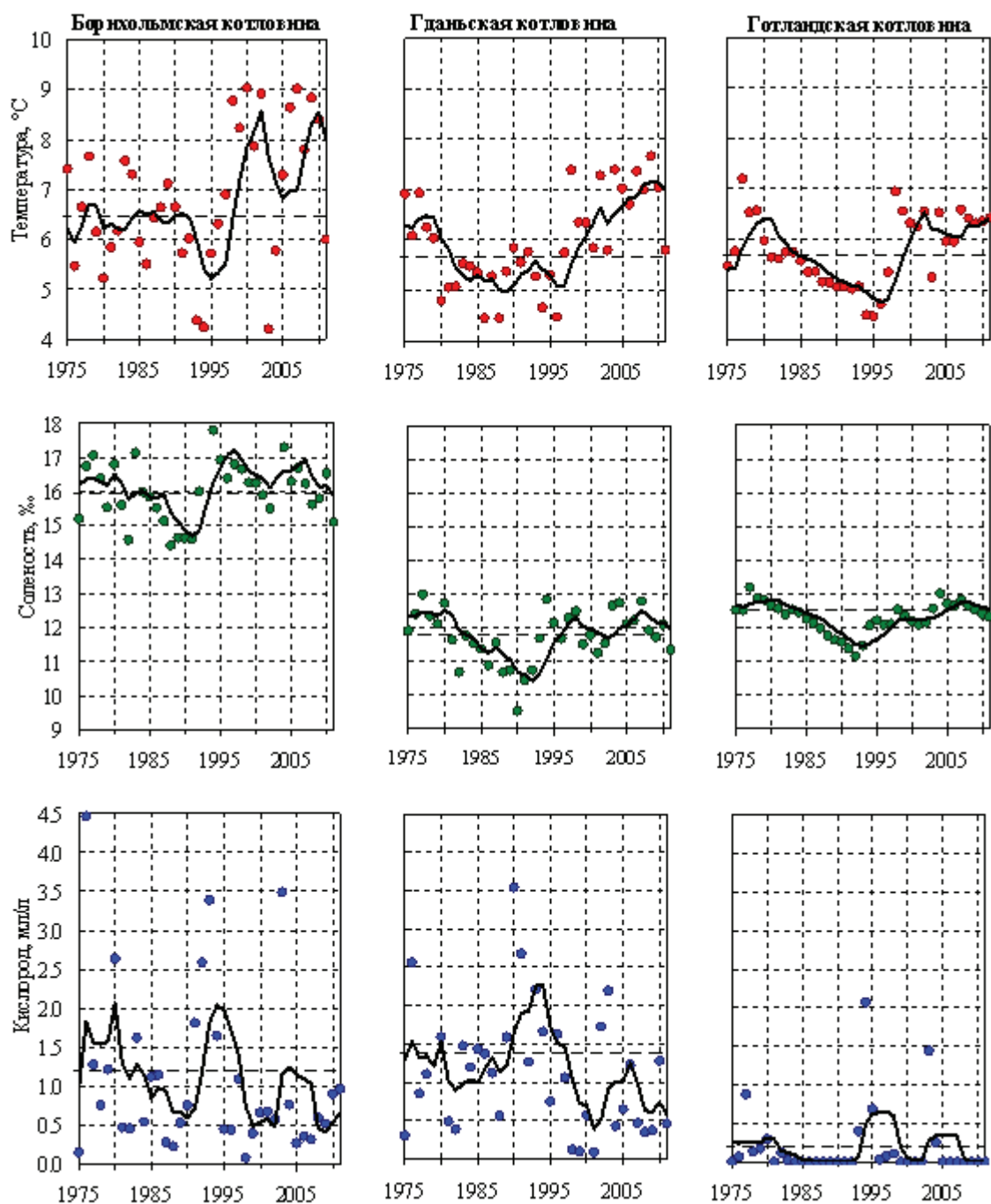


Рис. 3. Многолетние изменения среднегодовых значений температуры, солёности и кислорода и их 5-летние скользящие средние в придонном слое в Борнхольмской, Гданьской и Готландской впадинах (1975–2010 гг.). Пунктирная линия – среднее многолетнее значение.

Fig. 3. Long-term changes in mean annual temperature, salinity and oxygen, and their 5-year moving averages in the bottom layer in the Bornholm, Gdansk and Gotland basins (1975–2010). The dotted line is the average long-term value.

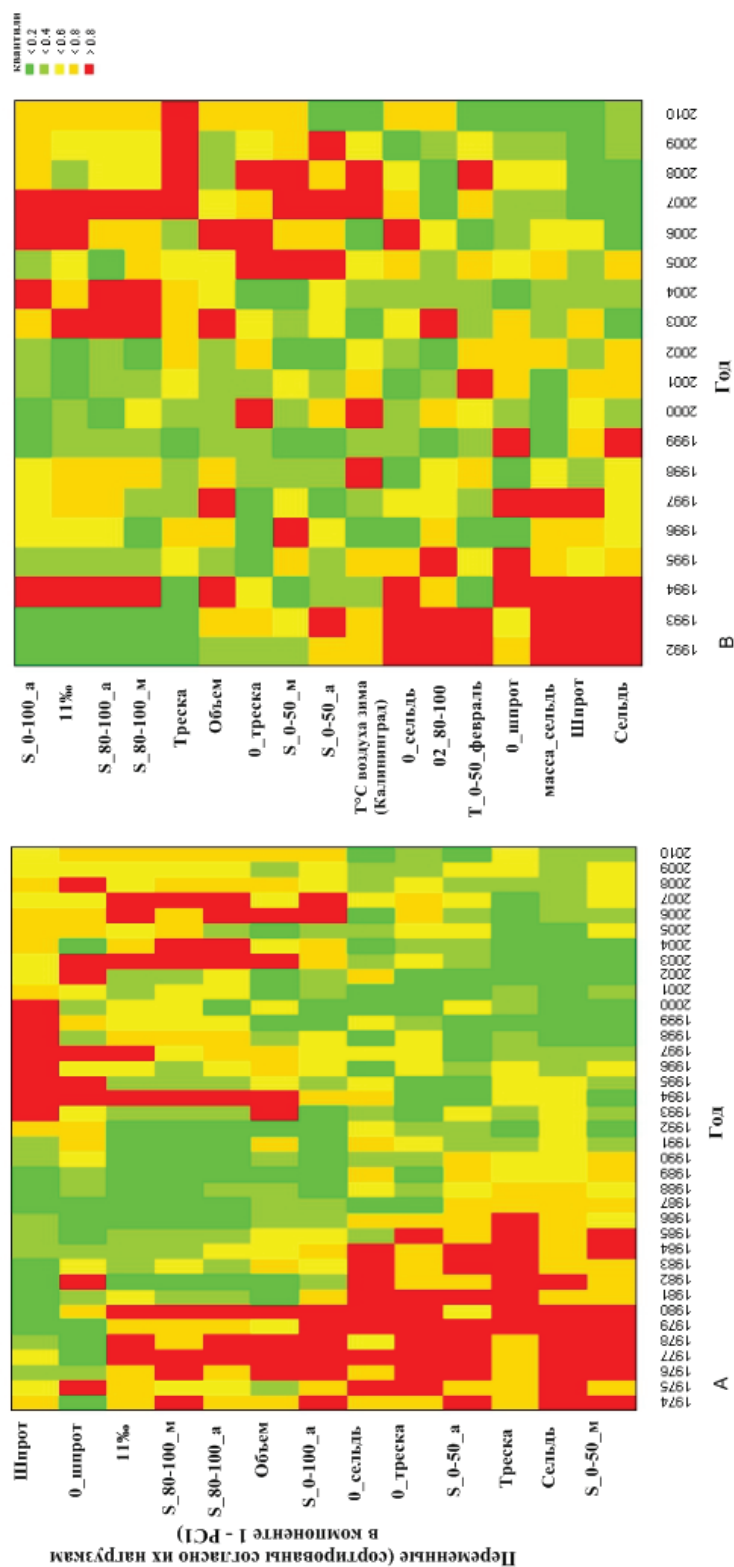


Рис. 4. Схемы временного развития рядов переменных. Переменные трансформированы в квантили, закодированы по оттенкам цвета и сортированы согласно их нагрузкам в компоненте 1: А – 1974–2010 гг.; В – 1992–2010 гг.

Fig. 4. Traffic light plots of all variables. Variables are transformed into quantiles, coded by color and sorted according to their loadings in component 1: А 1974–2010; В – 1992–2010.

Таблица 1. Переменные, использованные для интегрированного анализа.**Table 1.** Variable used for integrated analysis.

№ п.п. No.	Переменные Variables	Обозначение Designation	Единица измерения Unit
1	Соленость воды в слое 0–50 м в мае Water salinity in the layer – 50 m in May	S_0-50_м	‰
2	Соленость воды в слое 80–100 м в мае Water salinity in the layer 80–100 m in May	S_80-100_м	‰
3	Соленость воды в слое 0–50 м в августе Water salinity in the layer 0–50 m in August	S_0-50_a	‰
4	Соленость воды в слое 80–100 м в августе Water salinity in the layer 80–100 m in August	S_80-100_a	‰
5	Соленость воды в слое 0–100 м в августе Water salinity in the layer 0–100 m in August	S_0-100_a	‰
6	Глубина залегания изогалины 11‰ (средняя, май и август) The depth of the isohaline 11‰ (average in May and August)	11‰	м m
7	Репродуктивный объем вод (средняя, май и август) Reproductive water volume (average in May and August)	Объем	км ³ km ³
8	Температура воздуха в Калининграде зимой Winter air temperature in Kaliningrad	T °C воздуха зима (Калининград) T °C winter air temperature (Kaliningrad)	°C
9	Температура воды в слое 0–50 м в феврале Water temperature in the 0–50 m in February	T_0-50_февраль	°C
10	Численность сеголетков шпрота The number of juvenile sprat	0_шпрот	млн.шт. mln ind
11	Нерестовая биомасса шпрота Spawning stock of sprat biomass	ШПрот	тыс.тонн ths ton
12	Численность сеголетков сельди Number of juvenile herring	0_сельдь	тыс.шт. ths ind
13	Нерестовая биомасса сельди Spawning biomass of herring	Сельдь	т ton
14	Средняя масса сельди Average herring biomass	масса_сельдь	кг kg
15	Численность сеголетков трески Number of juvenile cod	0_треска	тыс.шт. ths ind
16	Нерестовая биомасса трески Spawning biomass of cod	треска	т ton

увеличились в 2005 г. и стабилизировались на уровне ниже среднесноголетнего. Кроме снижения средней массы в конце 90-х, в запасе сельди наблюдалось увеличение доли мелкогазмерной медленнорастущей морской сельди.

В целом по компоненте 1 (объясняет 34% дисперсии) состояние экосистемы в 2003–

2010 гг. определялось увеличением солености в придонном слое и всей толщии вод, что на фоне увеличения повторяемости холодных зим в сравнении с 90-ми гг. определило снижение численности пополнения и биомассы шпрота и сельди, а запас и численность пополнения трески увеличились.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние несколько десятилетий в экосистеме Балтийского моря произошли значительные изменения, к наиболее важным из которых относился произошедший в конце 80-х гг. сдвиг в рыбном сообществе от системы, в которой доминировала треска, к системе с доминированием шпрота. Основными причинами перехода экосистемы Балтики в новое состояние, наряду с потеплением климата, являлся продолжительный период опреснения моря. Фактор солености в этом аспекте сыграл главную роль в значительном сокращении нерестового ареала трески, с одной стороны, а с другой, вместе с повышением температуры воды определил изменения в структуре кормовой базы рыб, что ухудшило обеспеченность пищей трески на ранних стадиях развития, а также привело к снижению запаса сельдевых. В рамках более близкой ретроспективы после адвекций 1993 и 2003 гг., а также слабых бароклинных втоков, характерных для последних лет, в Гданьском нерестовом ареале было отмечено улучшение условий для воспроизводства трески и увеличение пополнения и биомассы данного вида в 2007–2010 гг. В Готландском нерестовом ареале, при крайней редкости мощных втоков, характерной чертой в последние годы являлась стагнация, и нерест трески, несмотря на положительный тренд солености в глубинном слое моря, был лимитирован низкими значениями кислорода. В целом тенденции изменения условий среды в современный период, а также согласно сценариям регионального изменения климата BALTEX 2006 и в перспективе, являются наиболее благоприятными для развития популяции шпрота (в меньшей степени – для сельди), а наиболее «уязвима» в этом аспекте популяция трески.

ЛИТЕРАТУРА

- Антонов А.Е. 1987.** Крупномасштабная изменчивость гидрометеорологического режима Балтийского моря и ее влияние на промысел. Л.: Гидрометеиздательство, 248 с.
- Зезера А.С. 2009.** Многолетние изменения абиотических условий в Балтийском море (1975–2007 гг.) // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2006–2007 годах. Т. 1. Балтийское море и заливы. Калининград: 6–17.
- Зезера А.С. и Грибов Е.А. 2004.** Адвекция североморских вод в Балтийское море в 2003 г. Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2002–2003 годах. Т. 2. Условия среды и промышленное использование биоресурсов: сб. науч. тр. Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Калининград: 103–115.
- BALTEX 2006.** Phase II 2003–2012 Science Framework and Implementation Strategy: 95.
- Feldman V.N., Zhigalova N.N., Patokina E.A. and A.S. Zezera. 2002.** Dynamics of zooplankton structure, sprat and herring feeding and trophic interactions in conditions of water warming in the southeastern Baltic Sea. ICES CM/N:05: 1–31.
- ICES 2011a.** Practical guidelines for performing Integrated Ecosystem Analyses. ICES. 2011. Report of the ICES/HELCOM Working Group on Integrated Assessments of the Baltic Sea (**WGIAB**), 4–8 April 2011, Mallorca, Spain. ICES CM/SSGRSP:03:139.
- ICES 2011b.** Report of the Baltic International Fish Survey Working Group (**WGBIFS**), March 2011, Kaliningrad, Russia. (BAD1, DATRAS). ICES CM/SSGESST:07: 102.
- ICES 2011c.** Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (**WGBFAS**), 12–19 April 2011, ICES Headquarters, Copenhagen. ICES CM/ACOM:10: 842.
- Matthaus W. 2006.** Langzeittrends der Dichte im Gotlandbecken. Beitr. Meereskunde. H. 48: 47–51.