

УДК 597.562-116(261.24):551.465

ПРИЧИНЫ РАЗЛИЧНОГО ВЛИЯНИЯ ЗАТОКОВ СЕВЕРОМОРСКИХ ВОД НА РАЗМНОЖЕНИЕ ТРЕСКИ *GADUS MORHUA CALLARIAS* В ГОТЛАНДСКОЙ ВПАДИНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

© 2016 г. Е. М. Карасева, А. С. Зезера

*Атлантический научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии, Калининград*

e-mail: karasiova@rambler.ru

Поступила в редакцию 23.03.2015 г.

На основе оценок численности икры трески и индексов выживания потомства рассмотрено влияние затоков североморских вод 1976, 1993 и 2003 гг. на размножение трески в Готландской впадине Балтийского моря. Показано, что затоки активизировали нерест трески. Успешная репродукция определялась подъемом изогалины 11‰ и заглублением изооксигены 2 мл/л. Это обеспечивало формирование пригодного для размножения трески слоя вод на глубинах 90–130 м. Предпосылками для его возникновения в 1976–1977 гг. были предшествующий высокий уровень солёности и проникновение в течение одного года двух мощных затоков североморских вод. Причиной слабого воздействия затока 1993 г. был предшествующий минимум придонной солёности, а в 2003 г. – быстрое истощение кислорода на фоне повышения температуры воды. Затоки 1993 и 2003 гг. привели к появлению в Готландской впадине небольших и фрагментированных нерестовых биотопов трески.

DOI: 10.7868/S0030157416040067

ВВЕДЕНИЕ

Согласно многолетним исследованиям восточно-балтийской трески, на протяжении 20-го века в распределении этой популяции прослеживалось чередование периодов расширения и сокращения ареала [2], включая его репродуктивную часть [8]. Восточно-балтийская треска нерестится в глубинных и придонных слоях с высокой солёностью, которые отделены перманентным галоклином от распресненных поверхностных вод. Известно, что успешность размножения балтийской трески зависит от поступления солёной и насыщенной кислородом североморской воды в придонные слои балтийских глубоководных впадин [20]. Адвекции североморских вод вызывают обновление вод, прерывают процессы стагнации в глубоководных впадинах моря и формируют абиотические условия благоприятные для нереста трески [1]. В тоже время их влияние в Готландской впадине в отличие от Борнхольмской и Гданьской котловин (более мелководных и менее удалённых от проливной зоны на юго-западе Балтики) не столь однозначно. Так очень сильный заток 1993 г., пятый по интенсивности за период с 1886 по 2005 гг. [23], не привел к выраженной активизации нереста трески в самом большом из ее нерестилищ в Балтийском море – Готландской

впадине. Цель данного исследования – выявление причин различного влияния затоков североморских вод на репродуктивный успех трески в этом районе моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для анализа абиотических параметров среды, влияющих на размножение трески, были использованы материалы экспедиционных наблюдений АтлантНИРО в Готландской впадине, в том числе и на международных мониторинговых станциях ВУ9 и ВУ15 (рис.1), база данных ИКЕС и литературные источники [15, 25, 26]. В исследованиях АтлантНИРО солёность, температура и кислород определялись STD-зондом SBE-19+(Sea Bird Electronic, Ltd., США). При анализе условий среды учитывалось, что выживание икры трески лимитируется солёностью 11‰ и содержанием растворённого кислорода 2 мл/л [12]. Вертикальная протяжённость толщи воды, ограниченной сверху изооксигеной 2 мл/л и снизу – изогалиной 11‰, служила общепринятой характеристикой репродуктивного, то есть, пригодного для размножения трески слоя [29]. Рассчитывались также температура воды и содержание кислорода на глубине локализации изогалины 11‰.

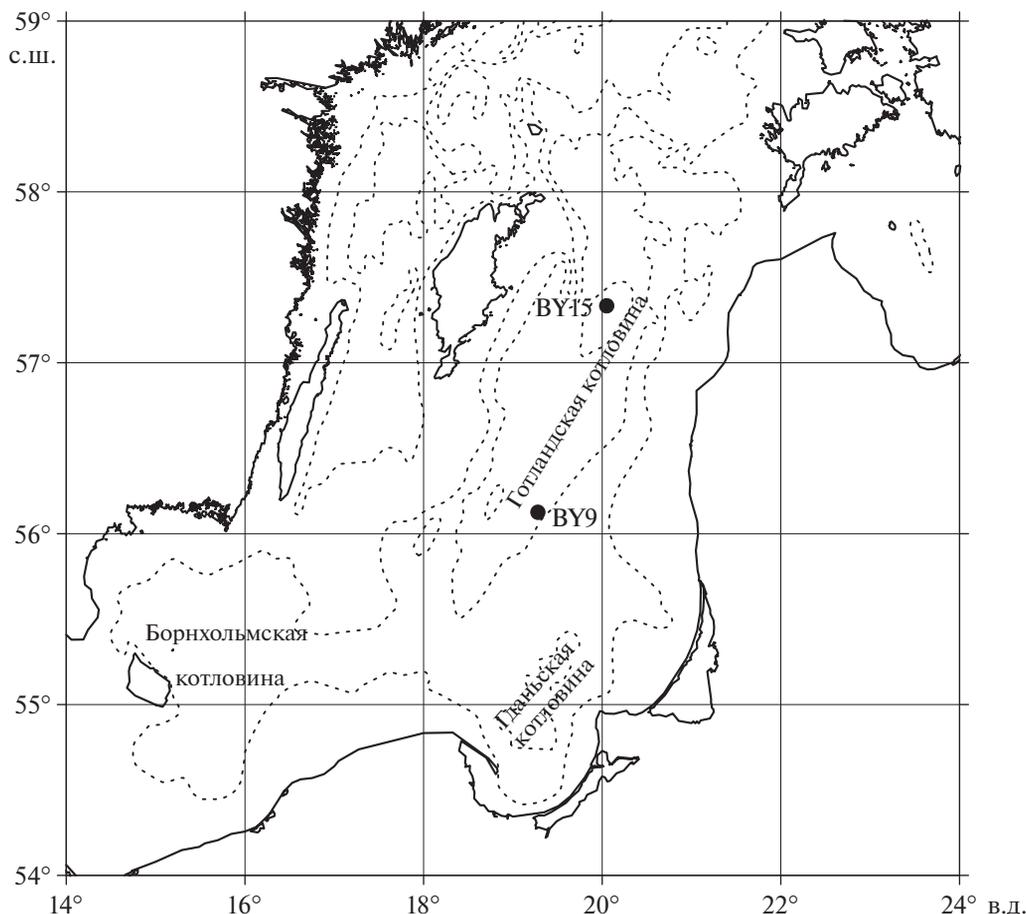


Рис. 1. Положение международных мониторинговых станций ВУ9 и ВУ15 в Готландской впадине Балтийского моря.

Анализ этих параметров был выполнен для 1976–1977, 1994–1995 и 2003–2004 гг., то есть в первый и последующий годы проникновения адвективных вод в Готландскую впадину после самых мощных за период с 1975 по 2013 гг. заток североморских вод (1976, 1993 и 2003 гг.). Их мощность характеризовалась индексами относительной интенсивности Q_{96} [16]. Затoki уровня $Q_{96} > 10$, следующие с промежутком менее года, рассматривались как кластер [23].

Репродуктивный успех трески оценивался исходя из: 1) средней численности икры (экз/м²) в южной и центральной частях Готландской впадины); 2) индекса выживания потомства как отношения $\ln R/SSB$, где R – численность пополнения в возрасте двух лет, SSB – биомасса нерестового запаса. Оценки численности икры трески были основаны на ихтиопланктонных съемках АтлантНИРО (за 1993–1995 и 2002–2005 гг. было собрано 236 проб ихтиопланктона) и литературных данных [12]; оценки пополнения и нерестового запаса трески на материалах рабочей группы ИКЕС [19]. Ихтиопланктон собирался сетью

ИКС-80 посредством вертикального облова слоя дно–поверхность.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Условия гидрографической среды в Готландской впадине. Условия среды на нерестилищах трески в рассматриваемые годы определялись адвекциями в Балтийское море североморских вод, относящихся к категориям очень сильных (январь 1993 г.), сильных (декабрь 1975–январь 1976, январь 2003 гг.) и умеренных (октябрь 1976 г.) (таблица). Проникновение вод североморского генезиса в 1993 и 2003 гг. сопровождалось слабыми адвекциями, не достигавшими уровня сильных и умеренных заток. Они были классифицированы как одиночные, или изолированные, в отличие от кластера из двух заток в 1976 г. [23]. Вторжения североморских вод значительно изменяли гидрографическую среду в Готландской впадине. Наблюдался значительный рост придонной солёности, достигшей 12.60 и 13.17‰ в 1976 и 1977 г. (ст. ВУ15). Несколько меньший уровень солёности был отмечен в 2003 и 2004 гг.: 12.65 и 12.99‰.

Сроки появления и интенсивность Q_{96} некоторых затоков (1975–2004 гг.)

| Сроки появления в проливах | Категория | Q_{96} | Литературный источник |
|---|-----------------------------------|------------------------|---|
| Декабрь 1975–январь 1976 гг. Октябрь 1976 г. | Сильный Умеренный | 25.6 13.0 | Matthäus, 2006; Nehring, Franke, 1978 |
| Январь 1993 г. Октябрь 1993 г. Март 1994 г. | Очень сильный Слабый Слабый | 34.0 <10.0 <10.0 | Zhurbas, Paka, 1997; Matthäus, 2006 |
| Январь 2003 г. Август 2003 г. | Сильный Слабый | 20.3 <10.0 | Зезера, Грибов, 2004; Feistel et al., 2003; Matthäus, 2006 |

Воды самого сильного затока 1993 г. проникли в Готландскую впадину только в начале 1994 г. Более низкая соленость (11.55 и 12.44‰ в 1994 и 1995 гг.) была связана с ее крайне низким уровнем в предшествующие годы (11.10‰ в 1992 г.). Затоки приводили к увеличению содержания кислорода в глубинных слоях впадины до 2–4 мл/л.

Сезонная изменчивость значимых для репродукции трески абиотических условий в южной и центральной части Готландской впадины (станции ВУ9 и ВУ15) представлена на рис. 2. Наиболее высокое положение изогалины 11‰ было отмечено в 1976–1977 гг.: 88 и 105 м в 1976 г. и 85 и 92 м в 1977 г. соответственно на станциях ВУ9 и ВУ15. Значительное заглубление изогалины 11‰ произошло в 1994 г. (до 117 и 144 м на ВУ9 и ВУ15). В 2003 г. глубина залегания изогалины уменьшалась до 99 м (ст. ВУ9) и 116 м (ст. ВУ15). В 1977 и 2004 гг., следующих за проникновением затоков, происходил подъем изогалины 11‰ на 5–10 м от уровня предшествующего года. Средняя температура воды на глубине локализации изогалины 11‰ колебалась в диапазоне 5.0–5.5°C в 1976–1977 гг., 4.6–5.1°C в 1994–1995 гг. с повышением до 5.8–6.2°C в 2003–2004 гг. (рис. 2б).

Газовый режим на глубине локализации изогалины 11‰ характеризовался в многолетнем аспекте тенденцией к истощению кислорода (рис. 2в). На юге впадины высокие концентрации кислорода (2.0–3.1 мл/л) наблюдались в 1976 г. и в 1977 г. В центральной части содержание кислорода достигло максимума в марте–июне 1977 г. (2.8–3.5 мл/л). Весной 1994 и 1995 гг. при среднем высоком уровне кислорода на юге впадины (ст. ВУ9), в ее центре развивалась гипоксия (1.0–1.5 мл/л). Ситуация в центре впадины на глубине изогалины 11‰ в 2003 и 2004 гг. характеризовалась переходом от аноксии (0.0 мл/л) к гипоксии (0.5–1.0 мл/л). В южной части содержание кислорода более 2 мл/л отмечалось в мае–июле 2003 и в марте–мае 2004 гг.

Вертикальные профили солености и содержания кислорода подтверждают представленные выше данные о подъеме изогалины 11‰ и заглублении изооксигены 2 мл/л в 1976 г. и особенно в 1977 г. (рис. 3). Указанная изогалина располага-

лась в диапазоне глубин 92–95 м на юге впадины и 90–108 м в ее центральной части. Вентиляция вод почти не коснулась глубинного слоя (160–240 м) в центре впадины. Но она была весьма заметна в эти годы на глубинах 90–130 м. В мае 1976 г. изооксигена 2 мл/л находилась на глубине 105 и 90 м (ст. ВУ9 и ВУ15). В июне 1977 г. она опустилась до глубин 130 и 120 м. В апреле 1994 г. и в мае 1995 г. в центре впадины наблюдалось максимальное за рассматриваемые годы заглубление изогалины 11‰ до 125 и 145 м соответственно на станциях ВУ9 и ВУ15 (рис. 4). В 2003, 2004 гг. на этих станциях был отмечен подъем изогалины 11‰ до 120 и 110 м (рис. 5). Общей чертой вертикального распределения кислорода в 1994 и 2003 гг. было присутствие его высоких концентраций (более 2 мл/л) в центральной части впадины от дна (249 м) до горизонта 180 м. Выше, до 110 м в 1994 г. и до 80 м в 2003 г., располагалась обширная область с дефицитом кислорода. Область с высоким содержанием кислорода у дна в южной части котловины в 1994 и 2003 гг. прерывалась участками с гипоксией. В следующие после затоков годы (1995, 2004 гг.) содержание кислорода на глубинах более 200 м резко падало до уровня гипоксии. Спецификой 2004 г. было появление промежуточного минимума кислорода (<0.5 мл/л) на горизонте 75–80 м.

Особенности формирования репродуктивного слоя вод, пригодных для нереста трески. Расчет сезонной изменчивости толщины репродуктивного слоя показал, что в годы адвекций в южной части Готландской впадины (ст. ВУ9) в той или иной степени всегда возникали условия для размножения трески (рис. 2г). Этот слой имел значительную вертикальную протяженность (20–40 м) с мая 1976 г. по август 1977 г. В 1994 г. и 1995 г. он был незначительным и только в мае достигал 11 м. В последние из рассмотренных лет он увеличился до 26–28 м в мае–июле 2003 г. и до 29–34 м, но в более ранние сроки (март–май), в 2004 г. Формирование слоя, благоприятного для размножения трески, наряду с локализацией изогалины 11‰ определялось на юге впадины высоким содержанием кислорода у дна (до 3–5 мл/л).

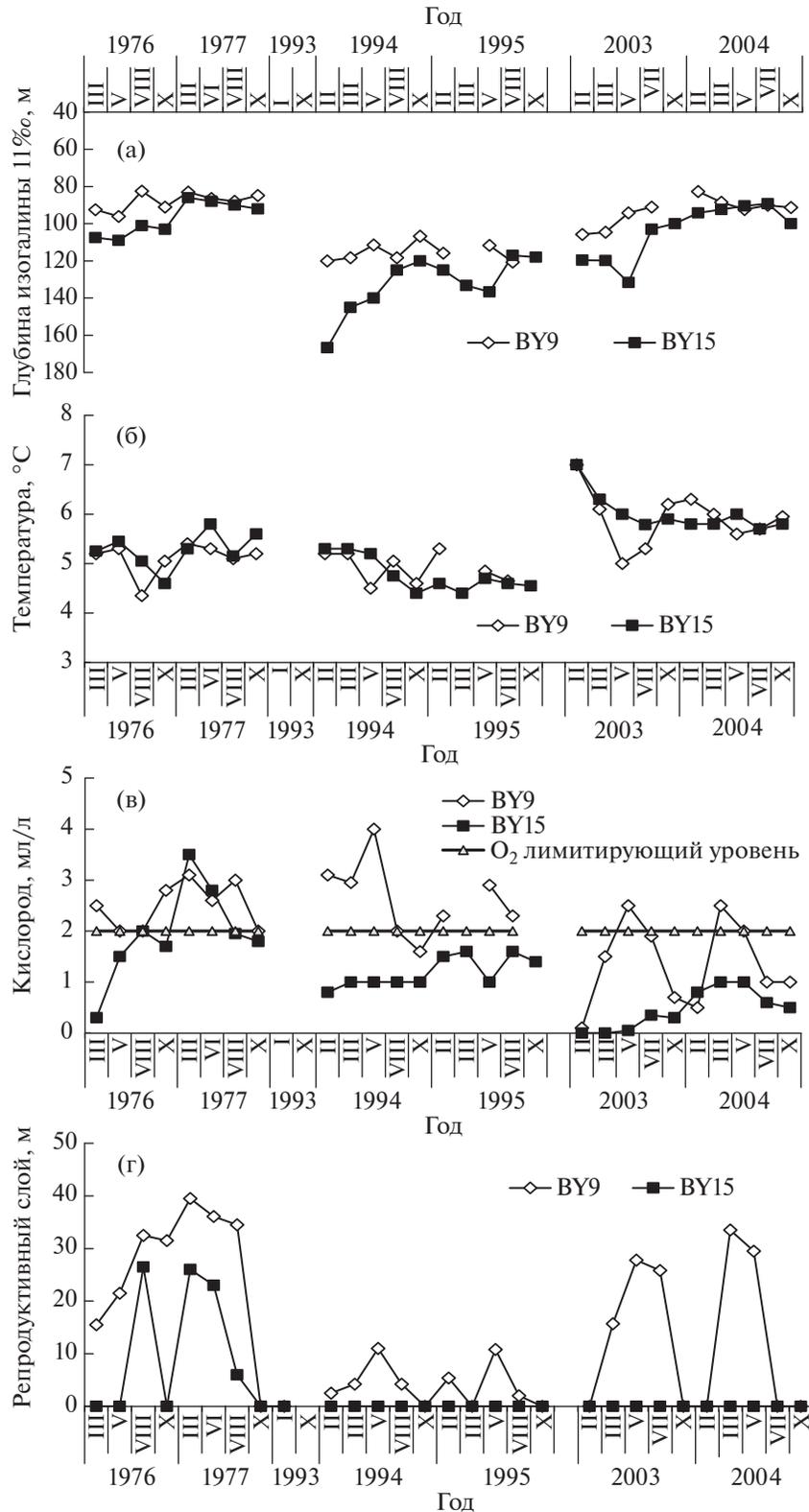


Рис. 2. Абиотические условия нереста трески (станции BY9, BY15): (а) – глубина изогалины 11‰; (б) – температура воды, °С, на глубине изогалины 11‰; (в) – содержание кислорода, мг/л, на глубине изогалины 11‰; (г) – репродуктивный слой, м.

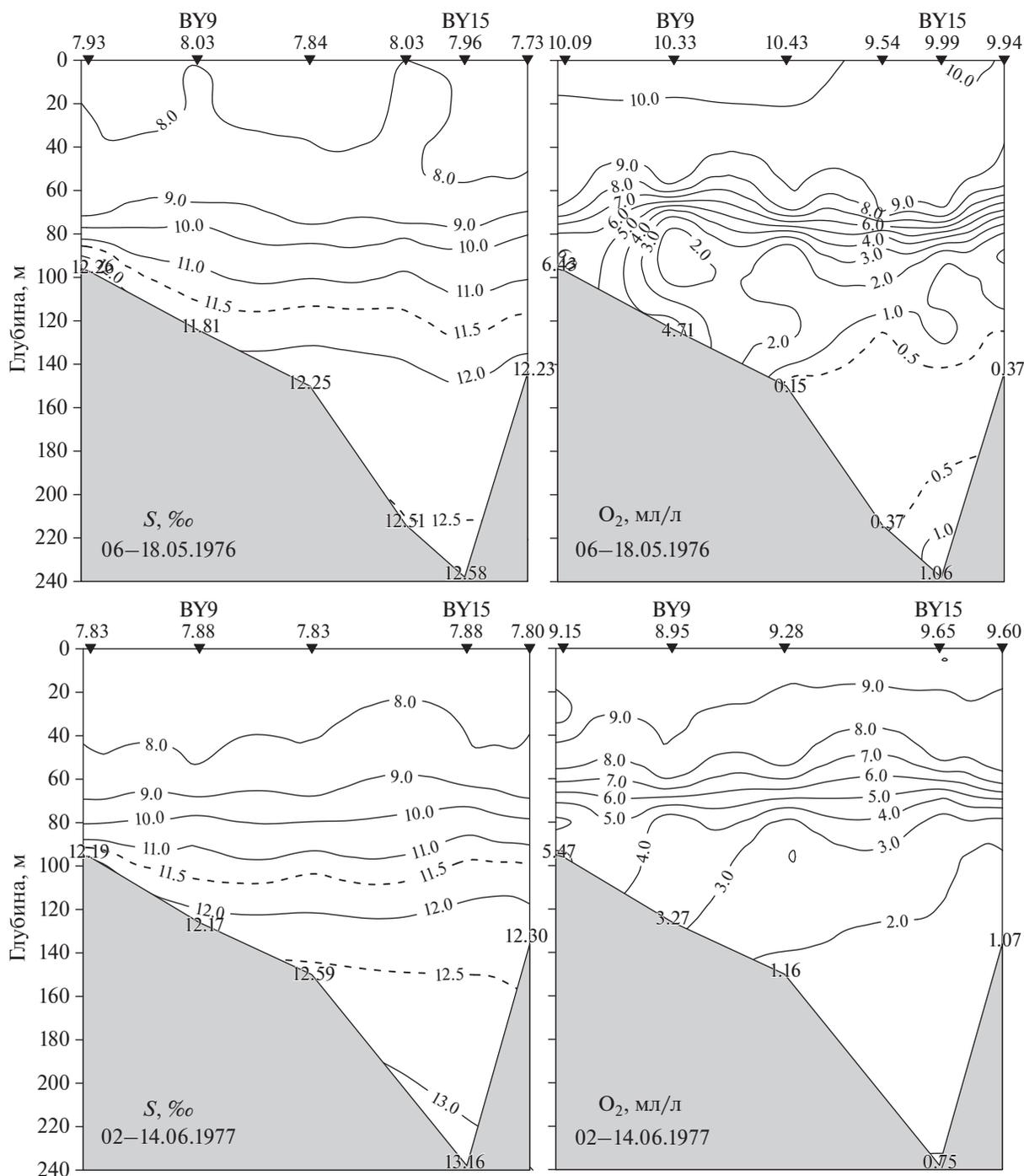


Рис. 3. Вертикальное распределение солёности (S , ‰) и содержания кислорода (O_2 , мг/л) вдоль разреза через Готландскую впадину в 1976 и 1977 гг.

В центральной части впадины (на ст. BY15) репродуктивный слой толщиной до 32 м наблюдался только в августе 1976 г. и в марте–июне 1977 г. В июне 1977 г. сочетание подъема изогалины 11‰ и заглупления изооксигены 2 мг/л обеспечило существование обширного и непрерывного нерестового биотопа трески в слое 90–135 м, охватив-

шего как южную, так и центральную часть Готландской впадины (рис. 6).

Отсутствие репродуктивного слоя в 1994 и 1995 гг. в центре Готландской впадины определялось заглуплением изогалины 11‰ и возникновением в области ее локализации обширного слоя гипоксии (до 90 м по вертикали). В мае 2003 г. слой вод

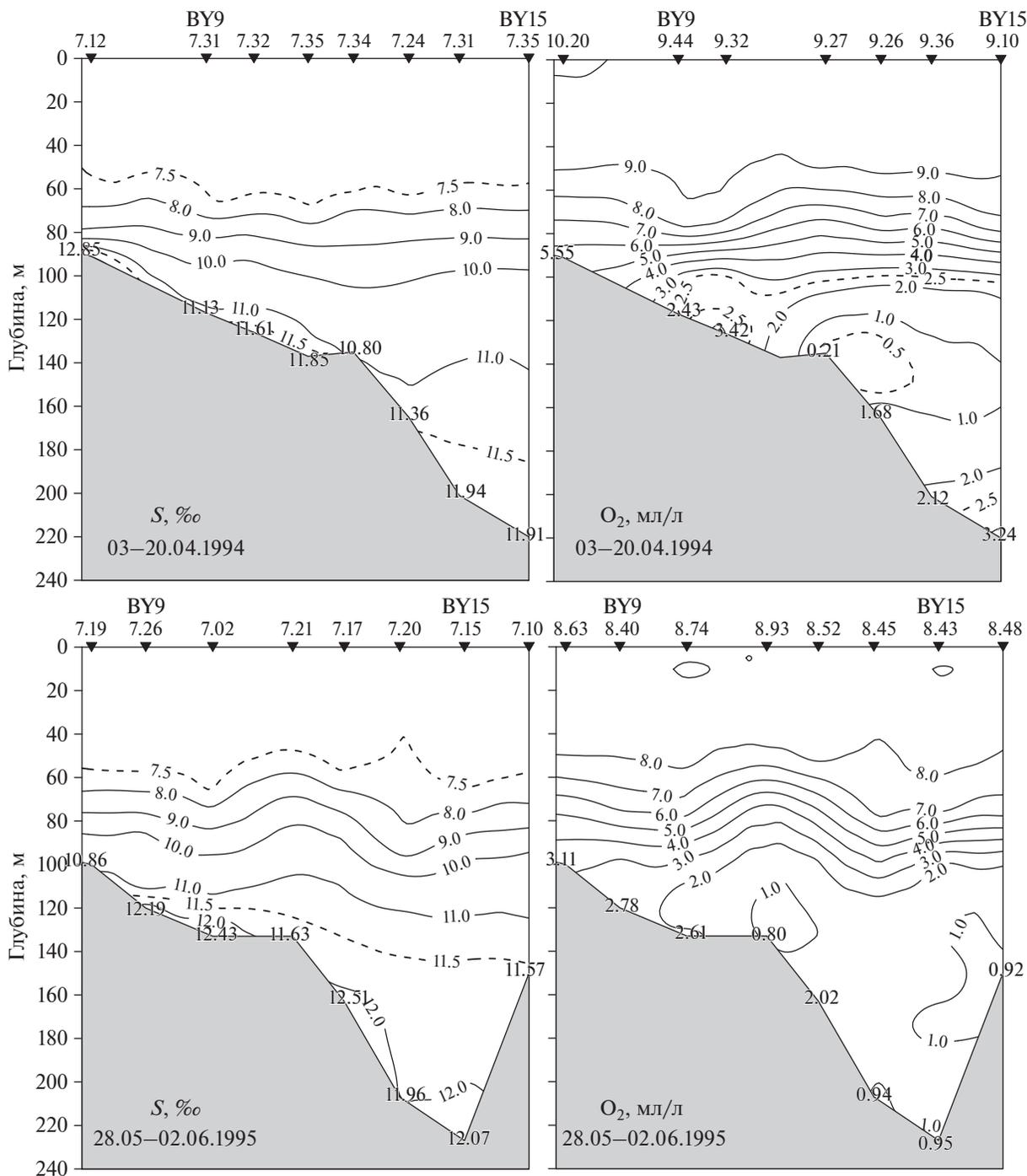


Рис. 4. Вертикальное распределение солёности (S , ‰) и содержания кислорода (O_2 , мг/л) вдоль разреза через Готландскую впадину в 1994 и 1995 гг.

с солёностью $\geq 11\text{‰}$ и содержанием кислорода ≥ 2 мг/л представлял собой три изолированных участка. Они были расположены на глубинах 80–120 м, 140–165 м и 180–240 м и отделены зонами с гипоксией (рис. 6). В 2004 г. репродуктивный слой был ограничен глубинами 80–110 м и располагался только в южной части впадины. Такой

тип распределения зон с благоприятными для трески условиями приводил к фрагментации и сокращению нерестового биотопа трески даже в годы затонков балтийских вод.

Численность икры трески и индексы выживания ее потомства. Характерной особенностью размножения трески в Готландской впадине было значи-

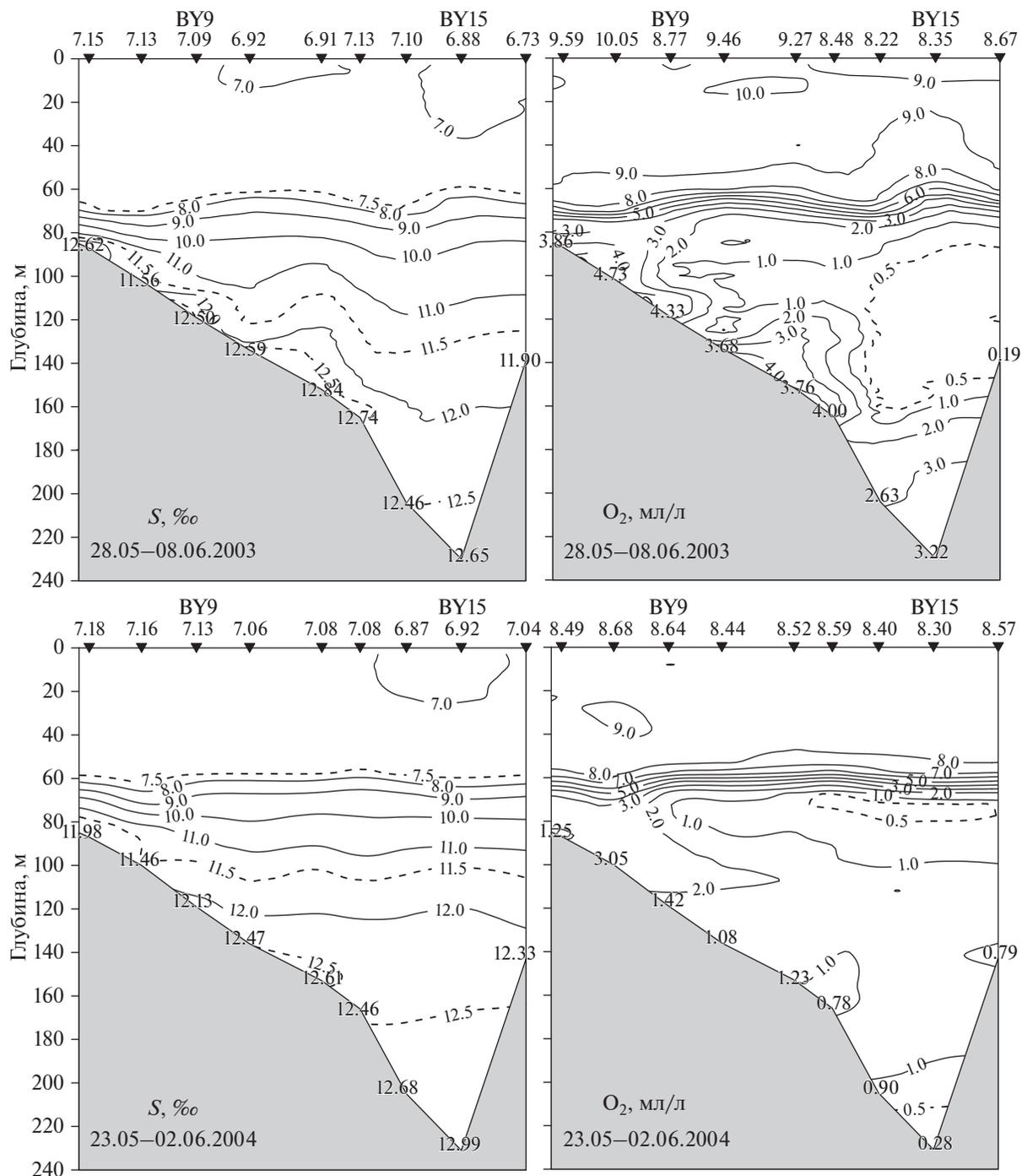


Рис. 5. Вертикальное распределение солёности (S , ‰) и содержания кислорода (O_2 , мл/л) вдоль разреза через Готландскую впадину в 2003 и 2004 гг.

тельное увеличение численности ее икры в годы проникновения в этот район вод главных балтийских адвекций. Численность икры в южной части Готландского района ($55^{\circ}35' - 56^{\circ}30'$ с.ш.) увеличилась в 4 раза в 1976 г. по сравнению с 1975 г.: с 15 до 61 экз/м² (рис. 7). Рост численности икры в расположенной севернее центральной части Гот-

ландской впадины ($56^{\circ}30' - 58^{\circ}00'$ с.ш.) был отмечен в 1977 г., превысив более чем в 5 раз уровень численности 1976 г.: с 8 до 46 экз/м².

В конце 1980-х гг. период ежегодного размножения трески в Готландской впадине закончился [12]. Икра трески в Готландском районе отсутствовала в 1993 г., появившись в небольшом количестве в

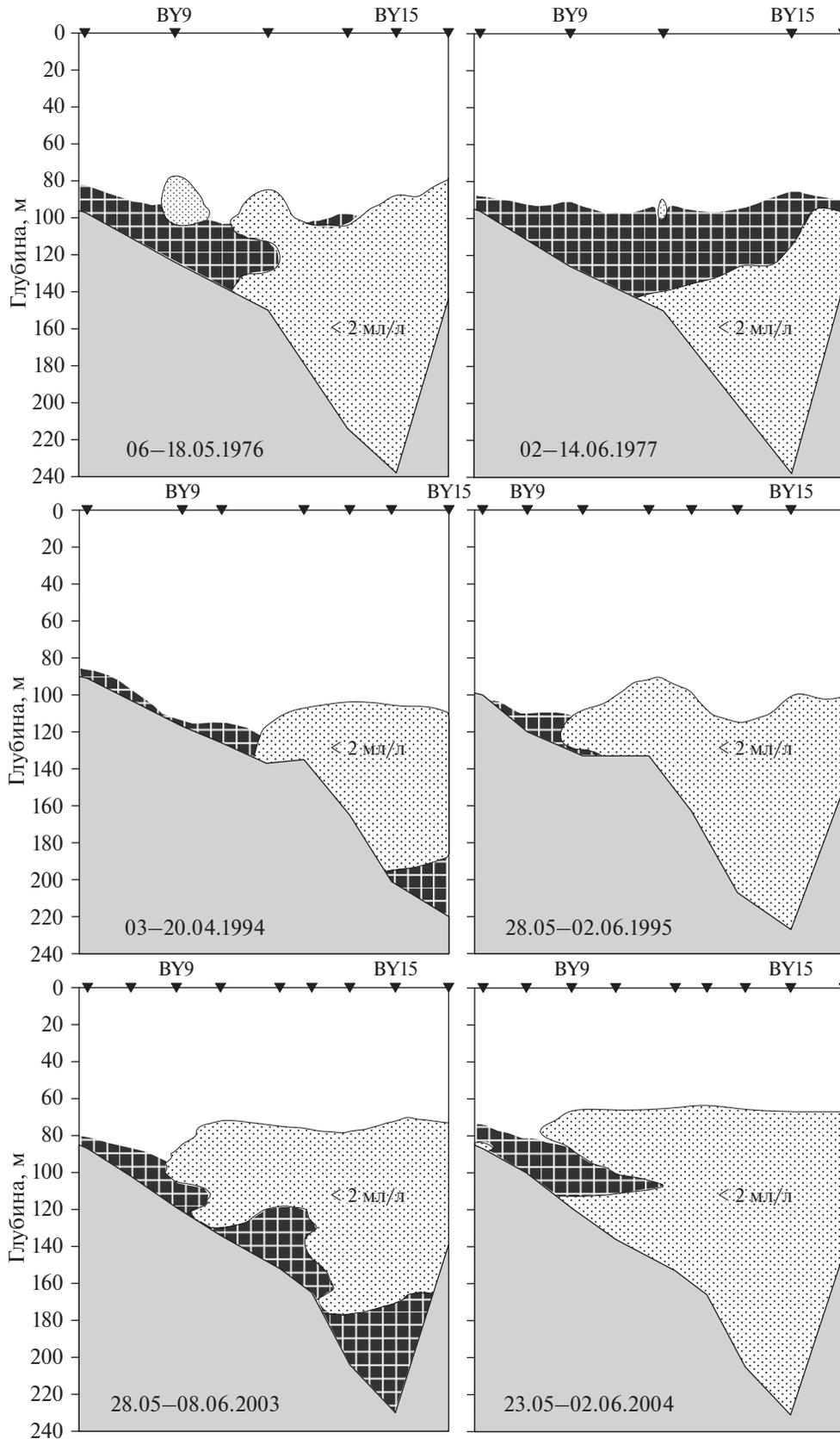


Рис. 6. Глубина (м) локализации водных слоев с соленостью $\geq 11\text{‰}$ и содержанием кислорода $\geq 2 \text{ ml/l}$ вдоль разреза через Готландскую впадину.

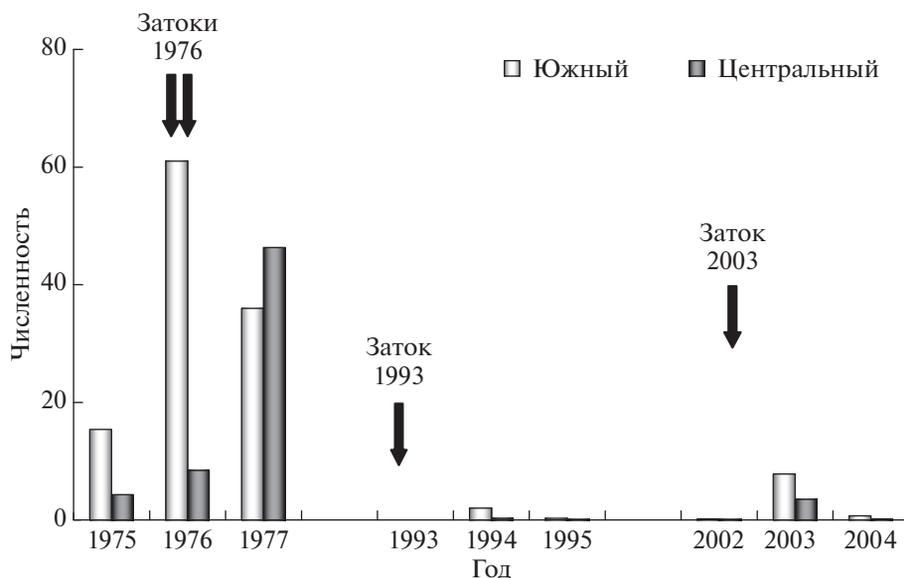


Рис. 7. Численность икры трески (экз/м²) в южном и центральном районах Готландской впадины в 1975–1976, 1993–1995 и 2002–2004 гг. и годы появления больших затоков.

1994 г. (в среднем 2 экз/м²). Следующее увеличение численности икры трески в этом районе наблюдалось в 2003 г. Количество выметанной икры в 2003 г. по сравнению с 2002 г. увеличилось на порядок: с 0.2 до 6 экз/м².

В целом сокращение численности икры трески в современный период соответствовало уменьшению нерестового запаса. Так, нерестовая биомасса с 311–330 тыс. т в 1975–1977 гг. (после исторического максимума более 600 тыс. т в начале 80-х гг.) сократилась до 95–161 тыс. т в 1993, 1994 гг., а в 2002, 2003 гг. была близка к минимальной (с 1966 г.) величине и составляла только 82–75 тыс. т.

Анализ индексов выживания показал, что в 1976–1977 гг. после массового нереста трески в Готландской впадине было отмечено максимальное выживание ее потомства (рис. 8). Некоторая интенсификация размножения в 1994 г. не имела положительных последствий для выживания, показатели которого были крайне низкими в 1994 и 1995 гг.

ОБСУЖДЕНИЕ

Важная роль адвекций североморских вод в успехе нереста, величине пополнения, распределении и численности восточно-балтийской трески стала очевидной после увеличения частоты их повторяемости, интенсивности в 1940–1970-е гг. и последующего снижения с середины 80-х гг. прошлого века [20]. В результате длительного периода (1983–1992 гг.) отсутствия крупных затоков в Готландской впадине в конце 1980-х–начале

1990-х гг. были отмечены минимальные в ряду инструментальных наблюдений абсолютные значения солёности [27]. Одним из следствий экологического режимного сдвига 1988–1992 гг. [11, 24] было почти полное прекращение репродукции трески в этом районе и соответственно значительное сокращение репродуктивной части ее ареала.

Термин “Major Baltic Inflows”, то есть, “главные балтийские затоки”, был введен Диксоном [14]. В отечественной литературе используются термины “большие”, или “главные” затоки [4, 9], а также “мощные адвекции” [5, 6]. Первый опыт идентификации затоков на основе расчета их интенсивности был предпринят Франком и др. [17]. В наиболее полной современной классификации представлена характеристика 35 самых мощных адвекций за 1880–2005 гг. [23]. Между 1975 и 2005 гг. только три адвекции (январь 1976, 1993, 2003 гг.) вошли в список наиболее интенсивных.

Впервые высокая численность икры и личинок трески на ее самом обширном нерестилище – Готландской впадине была показана Казановой [7] по результатам советских ихтиопланктонных исследований 1947 г. Позднее это было подтверждено польскими ихтиопланктонными сборами в этом районе, над глубинами 110–160 м в мае 1949 г., а в мае 1953 г. также и над глубинами более 240 м [22]. Так как треска избегает зоны с дефицитом кислорода, типичным для глубоководных районов в периоды стагнации, ее массовый нерест в центральной части Готландского бассейна происходил в слое ниже галоклина, видимо, до глубин 140 м [2]. Позднее условия среды на глубинах 100–120 м

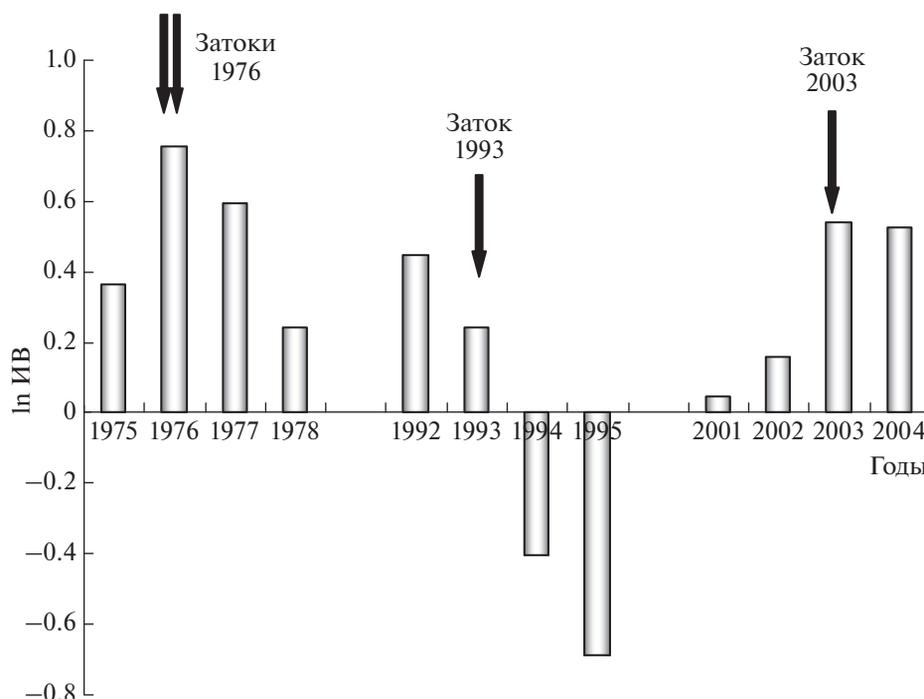


Рис. 8. Индексы выживания (ln ИВ) потомства трески в 1975–1978, 1992–1995, 2001–2004 гг. и годы появления больших затоков.

было принято считать определяющими эффективность нереста трески в Готландской впадине [13]. Известно, что доля крупной трески (от 45 до 90 см, что соответствует возрасту 5 лет и более) резко возрастала на глубинах 130–140 м, достигая более 50% от улова в условиях аэрации в 1965 г. [21]. На меньших глубинах (80–125 м) доминировала мелкая треска длиной 20–45 см (до 80–90% улова). В связи с этим успешность размножения в глубоководном районе зависит также от численности нерестящейся трески в возрасте 5–6 лет [10], выметывающей большое количество крупной икры. Видимо, в глубоководной Готландской впадине (максимальная глубина 249 м) абиотические условия в слое от 80 до 140 м являются наиболее важными для репродукции трески в этом районе и заслуживают внимательного анализа.

Важнейшей предпосылкой для интенсивного нереста трески в 1976–1977 гг. было проникновение двух следующих один за другим затоков североморских вод в Балтийское море в январе и в октябре 1976 г. Первый из них заполнил Борнхольмскую котловину и обновил воды в южной части Готландской впадины, следующий прошел через Борнхольмский район по промежуточному слою и быстро достиг Готландского бассейна [23]. Второй заток определил дальнейшее увеличение солености в глубинном слое моря в 1977 г. и, как результат, значительный подъем (до 86–90 м) изогалины 11‰. Одновременно наблюдалось по-

вышение содержания кислорода на глубинах 100–120 м. Следствием было формирование в марте–августе 1977 г. стабильного слоя воды, в котором массовая репродукция трески происходила также и в центральной части Готландской впадины. Таким образом, следующие один за другим сильный и умеренный затоки (кластер, по классификации Маттеуса [23]) сначала содействовали интенсификации нереста трески на юге Готландской впадины. На следующий год это происходило уже в ее центральной части. Фактически весной–летом 1977 г. воды южной и центральной частей Готландской впадины представляли собой единый пространственно непрерывный нерестовый биотоп трески (рис. 6).

Для успешного размножения трески важным условием являлось совпадение сроков формирования репродуктивного слоя с периодом нереста, пик которого в 1970-е гг. приходился на весну [28]. На юге впадины этот слой присутствовал в течение всего сезона нереста. В центральной части появление репродуктивного слоя в марте–июне 1977 г. совпало со сроками массового нереста старших возрастных групп трески.

Причины снижения массовой репродукции трески в Готландской впадине в 1994 г. были обусловлены выраженным заглублением изогалины 11‰. Очень низкий уровень солености в предшествующий период был вызван длительным опреснением моря (1985–1992 гг.). Он и был основной

причиной слабого влияния на нерест трески в этом районе даже очень сильного (пятого в ранжированном ряду [23]) затока 1993 г.

Сильный заток в январе 2003 г. повысил соленость и обеспечил вентиляцию вод в придонном слое Готландской впадины после предшествующего широкого распространения сероводородных зон [5, 15]. Заметное влияние на гидрологию этого района оказала также теплая бароклиновая адвекция августа 2003 г. [25]. В связи с высокой температурой воды и пониженным содержанием кислорода в этой водной массе, в 2004 г. в Готландском бассейне было отмечено быстрое развитие процессов гипоксии, негативно влияющей на нерест и различные жизненные стадии балтийской трески [18]. Появление зон с гипоксией было причиной фрагментации и уменьшения ее нерестового биотопа.

Дополнительным негативным фактором, влияющим на успешность репродуктивности трески с начала 90-х гг. был сдвиг пика нереста трески с весенних месяцев на летние, для которых в последние два десятилетия характерным было ухудшение кислородного режима (условия гипоксии и аноксии) в глубинных и придонных слоях моря.

Судя по успешному воспроизводству трески в 1976–1977 гг. прямое влияние на успешность ее нереста имели процессы, происходившие в глубинном слое от 80–90 м и до 120–130 м, которые могли уменьшать или увеличивать репродуктивные ресурсы этого вида. Так как распространение затоков обычно сопровождалось специфическими механизмами переноса водных масс, в частности, образованием внутриагалоциклических вихрей [9, 30], то эти процессы, возможно, могли оказывать влияние на дисперсию, дрейф и, в итоге, на выживание икры и личинок трески.

Таким образом, следствием спаренных мощных затоков 1976 г. было значительное расширение нерестовой части ареала трески за счет центральной части Готландского бассейна и ее успешное воспроизводство здесь в 1977 г. После одиночных затоков в 1993, 2003 гг., поддержанных только слабыми адвекциями, небольшой по вертикальной протяженности и горизонтально фрагментированный репродуктивный слой формировался в основном только на юге Готландской впадины, отсутствуя в ее центральной части.

Наиболее крупным до сих пор считается кластер из 12 затоков в 1948–1952 гг. [23]. Площадь нерестилищ трески в Балтийском море наиболее обширной была в конце 1940–середина 1950-х гг. и в 1970-е начале 1980-х гг. [8, 12]. По-видимому, среди причин экспансии трески в северо-восточные районы Балтики и ее массового размножения в них в 1940-е–начале 1980-х гг. были как высокая повторяемость, так и появление нескольких объединенных в кластер мощных балтийских затоков.

ВЫВОДЫ

Проникновение в Готландскую впадину Балтийского моря больших затоков соленых североморских вод интенсифицировало размножение трески в 1976, 1977 гг., в меньшей степени – в 2003, 2004 гг. и почти не влияло на нерест в 1993–1995 гг.

Степень воздействия затоков на размножение трески в Готландской впадине зависела от их интенсивности, предшествующего состояния гидрографической среды и сопряженности с последующими адвекциями североморских вод.

Заток в январе 1976 г. проходил в период высокой повторяемости вторжений североморских вод, осолонения моря и сопровождался адвекцией в октябре, достигавшей масштаба больших балтийских затоков. Следствием было формирование непрерывного нерестового биотопа трески по всей акватории Готландской впадины в 1976 и 1977 гг.

Наибольшему по интенсивности одиночному затоку 1993 г. предшествовал длительный период (1985–1992 гг.) опреснения моря и минимальные за период инструментальных наблюдений значения придонной солености. В результате в центре Готландской впадины в 1994 и 1995 гг. не сформировались условия для нереста трески.

Адвекция 2003 г. проходила на фоне более высокой придонной солености, но при широком распространении сероводородных зон в Готландском бассейне. Последовавшая за ней летом 2004 г. слабая теплая бароклиновая адвекция с пониженным содержанием кислорода не могла замедлить развитие гипоксии. Нерестовый биотоп трески был фрагментирован и ограничен районом южной части Готландской впадины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов А.Е. Крупномасштабная изменчивость гидрологического режима Балтийского моря и ее влияние на промысел. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 248 с.
2. Дементьева Т.Ф., Наумов В.М., Радаков Д.В. Треска Балтийского моря. М.: Пищепромиздат, 1951. 20 с.
3. Журбас В.М., Пака В.Т. Численное моделирование распространения соленых вод в Восточном Готландском бассейне Балтики после большого затока североморских вод // Метеорология и гидрология. 2001. № 9. С. 70–81.
4. Журбас В.М., Ох И.С., Пака В.Т. Генерация мезомасштабных циклонических вихрей в Балтике при затоках североморских вод // Океанология. 2002. Т. 42. № 6. С. 805–814.
5. Зезера А.С., Грибов Е.А. Адвекция североморских вод в Балтийское море в 2003 г. // Тр. АтлантНИРО. Промыслово-биол. исслед. АтлантНИРО в 2002–2003 годах. 2004. Т. 1. Р. 103–115.
6. Зезера А.С. Многолетние изменения абиотических условий в Балтийском море (1975–2007) // Тр. Ат-

- лантНИРО. Промышленно-биол. исслед. Атлант-НИРО в 2006–2007 годах. 2009. Т. I. С. 103–115.
7. Казанова И.И. Материалы по размножению рыб Балтийского моря // Докл. ВНИРО. 1952. № 1. С. 55–70.
 8. Карасева Е.М. Численность и типы пространственного распределения икры и личинок восточно-балтийской трески *Gadus morhua callarias* (Gadidae) в 1931–1996 гг. // Вопр. ихтиологии. 2013. Т. 53. № 2. С. 189–199.
 9. Кузьмина Н.П., Журбас В.М., Руделе Б. и др. О роли вихрей и интрузий в процессах обмена в балтийском халоклине // Океанология. 2008. Т. 48. № 2. С. 165–175.
 10. Лаблайка И.А., Хозиоский С.А., Калейс М.В. О влиянии некоторых параметров запаса и среды на численность поколений восточно-балтийской популяции трески // Fisherei-Forschung. 1984. V. 22 (3). P. 23–26.
 11. Alheit J., Moellmann C., Dutz., Kornilovs et al. Synchronous ecological regime shifts in the central Baltic and the North Sea in the late 1980s // Canadian J. Fish. Aquat. Sci. 2005. V. 59. P. 1858–1873.
 12. CORE. Mechanisms influencing long term trends in reproductive success and recruitment of Baltic cod: Implications for fisheries management (AIR2-CT94-1226). Final Report. Part II. 1998. P. 526.
 13. Grauman G.B., Yula E. The importance of abiotic and biotic factors in the early ontogenesis of cod and sprat // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. 1989. V. 190. P. 207–210.
 14. Dickson R.R. The prediction of major Baltic inflows // Dt. Hydrogr. Z. 1973. V. 26. P. 97–105.
 15. Feistel R., Nausch G., Matthäus W., Hagen E. Temporal and spatial evolution of the Baltic deep water renewal in spring 2003 // Oceanologia. 2003. V. 45 (4). P. 623–642.
 16. Fisher H., Matthäus W. The importance of the Drogden Sill in the sound for major Baltic inflows // J. of Marine Systems. 1996. V. 9. P. 137–157.
 17. Franck H., Matthäus W., Sammler R. Major Baltic inflows during this century // Beitr. Meereskd. 1987. V. 56. P. 81–82.
 18. Hinrichsen H.-H., Huver B., Makarchouk A. et al. // Climate-driven long-term trends in Baltic Sea oxygen concentrations and the potential consequences for eastern Baltic cod (*Gadus morhua*) // ICES J. of Marine Science. 2011. V. 68 (10). P. 2019–2028.
 19. ICES WGBFAS. Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group // ICES CM 2014 /ACOM: 10. 833 p.
 20. Koester F.W., Moellmann C., Hinrichsen H.-H. et al. Baltic cod recruitment – the impact of climate variability on key processes // ICES J. Mar. Sci. 2005. V. 62. P. 1408–1425.
 21. Lablaika I.A. Cod fisheries and the composition of the stock in the eastern Baltic in 1965 // Annales Biologique. 1967. V. 22. P. 91–92.
 22. Mankowski W. Badania macroplanktonu południowego Baltiku w latach 1952–1955 // Prace MIR w Gdyni. 1959. V. 10/A. P. 69–131.
 23. Matthäus W. The history of investigations of salt water inflows into the Baltic Sea – from the early beginning to recent results // Meereswissenschaft. Bericht. 2006. № 65. P. 1–73.
 24. Moellmann C., Dieckmann R., Mueller-Karulis et al. Reorganization of a large marine ecosystem due to atmospheric and anthropogenic pressure: a discontinuous regime shift in the Central Baltic Sea // Global Change Biology. 2009. V. 15. P. 1377–1393.
 25. Mohrholz V., Dutz., Kraus G. The impact of exceptionally warm summer inflow events on the environmental conditions in the Bornholm Basin // J. of Marine Systems. 2006. V. 60. P. 285–301.
 26. Nehring D., Franke E. Die Erneuerung des Tiefenwassers und andere Hydrographisch-chemische Veränderungen in der Ostsee im Jahre 1976 // Fischerei – Forschung. 1978. № 16(2). P. 15–24.
 27. Schinke H., Matthäus W. On the causes of major Baltic inflows – an analysis of long time series // Cont. Shelf. Res. 1998. V. 18. P. 67–97.
 28. Wieland K., Jarre-Teichmann A., Horbova K. Changes in the timing of spawning of Baltic cod: Possible causes and implications for recruitment // ICES J. Mar. Sci. 2000. V. 57. P. 452–454.
 29. Zezera A.S. Main feature of the south-eastern Baltic Sea hydrological regime in 2000 and the latest retrospective // ICES CM 2001/W: 21. P. 1–14.
 30. Zhurbas V.M., Paka V.T. Mesoscale thermohaline variability in the Eastern Gotland Basin following the 1993 major Baltic inflow // J. Geophys. Res. 1997. V. 102. № C9. P. 20917–20926.

The Causes of the Different Impact of Major Baltic Inflows on the Cod Reproduction in the Gotland Basin of the Baltic Sea

E. M. Karaseva, A. S. Zezera

The impact of Major Baltic Inflows (MBIs) of 1976, 1993 and 2003 on cod reproduction in the Gotland Basin of the Baltic Sea was considered based on calculations of the eastern Baltic cod egg abundance and offspring survival indices. The reproductive success (1976–1977) was defined by the elevation of 11 psu isohaline and deepening of the 2 mL/L isooxylene surface that provided the formation of the water layer suitable for cod spawning at 90–130 m depth. Prerequisites of the reproductive layer appearance in 1976–1977 were a previously high salinity level and penetrating two successive MBIs during one year. The cause of the weak impact of MBI in 1993 was the previous salinity minimum; and in 2003 it was the fast oxygen depletion due to temperature increase. As a result of their weaker influence shortening and fragmentation of the cod spawning biotope occurred.