

УДК 574.32, 574.52

ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН РАЗМНОЖЕНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕСКИ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ ПОД ОГРАНИЧИВАЮЩИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ким Сен Ток (kimst@sakhniro.ru)

Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (Южно-Сахалинск)

Ким, Сен Ток Формирование зон размножения тихоокеанской трески в южной части Охотского моря под ограничивающим воздействием условий окружающей среды [Текст] / Ким Сен Ток // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2011. – Т. 12. – С. 110–118.

Рассмотрены потенциальные факторы среды, оказывающие влияние на распределение нерестилищ трески в южной части Охотского моря. Размножение трески осуществляется вдоль северного побережья Хоккайдо и южных Курильских островов. Вблизи восточно-сахалинского побережья нерестовые зоны отсутствуют. Основными ограничивающими факторами для их образования здесь могут служить низкая соленость и отрицательные температуры холодного промежуточного слоя. Температурные параметры и содержание кислорода в охотоморских водах о. Итуруп мало чем отличаются от вод восточного Сахалина, но соленость на глубинах до 200–250 м заметно выше значений, характерных для восточно-сахалинских вод. Наряду с этим у берегов Курильских островов ХПС подстилается непосредственно теплым промежуточным слоем. Вдоль северного побережья о. Хоккайдо создаются аналогичные прикурильским водам условия существования трески. Вероятными факторами, способствующими возникновению нерестилищ исследуемого вида у северного Хоккайдо и в охотоморских водах южных Курильских островов, являются более теплые воды ХПС зимой в этих районах, отсутствие охотоморского промежуточного слоя и непосредственный контакт ХПС и ТПС в южных водах Охотского моря. Неблагоприятные параметры среды обитания (температура воды, соленость, кислород) препятствуют нормальному процессу размножения трески и существенно ограничивают общий ареал распространения вида.

Ил. – 4, библиогр. – 16.

Kim, Sen Tok Formation of Pacific cod spawning zones in the southern Okhotsk Sea under the limiting impact of environmental conditions [Text] / Kim Sen Tok // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of Sakhalin Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography. – Yuzhno-Sakhalinsk : SakhNIRO, 2011. – Vol. 12. – P. 110–118.

Potential environmental factors affecting the distribution of Pacific cod spawning areas in the southern part of the Okhotsk Sea are considered. Pacific cod spawn along northern Hokkaido and southern Kuril Islands. No spawning zones occur along eastern Sakhalin. Low salinity and negative temperatures of the cold intermediate layer (CIL) could serve there as the basic limiting factors for their formation. Temperature parameters and oxygen content in the Okhotsk Sea waters of Iturup Island differ insignificantly from those in the eastern Sakhalin waters, but salinity at depths to 200–250 m is rather higher than in waters of eastern Sakhalin. Along with that, the cold intermediate layer near Kuril Islands is underlined directly by the warm intermediate layer (WIL). Conditions for Pacific cod habitat analogous to the near-Kuril waters are being formed along northern Hokkaido. The warmer waters of CIL in these areas in winter, absence of the Okhotsk Sea intermediate layer, and direct contact of CIL and WIL in the southern waters of Okhotsk Sea are likely factors providing generation of spawning areas for the studied species along northern Hokkaido and in the Okhotsk Sea waters of southern Kuril Islands. Unfavorable habitat parameters (water temperature, salinity, oxygen) prevent from normal spawning of Pacific cod and limit significantly the common area of species distribution.

Fig. – 4, ref. – 16.

ВВЕДЕНИЕ

Нерестилища трески в Охотском море распределены вдоль северного побережья Хоккайдо, южных и северных Курильских островов. Полное отсутствие нерестовых зон вблизи восточно-сахалинского побережья поднимает вопрос о связи мест размножения вида с определенными водными массами, системами течений, рельефом дна и другими важными факторами среды обитания. Структура водных масс Охотского моря определяется его положением в общей системе биогеографических зон Мирового океана. В исследуемом море выделяют особую охотоморскую разновидность субарктической структуры вод, которая к тому же имеет ряд особенностей у берегов Сахалина, в зоне воздействия течения Соя, а также в прикурильском районе. Это привело к выделению следующих типов субарктической структуры:

1. тихоокеанский тип – тихоокеанские воды, переносимые Курильским течением;
2. охотоморский тип – собственно охотоморские воды;
3. тип южной части Охотского моря – охотоморские воды, связанные с течением Соя;
4. тип зоны Курильских проливов (курильская разновидность);
5. тип зоны мелководий (**Богданов, Мороз, 2000**).

Каждый выделенный тип водных масс имеет свои отличительные черты в вертикальном распределении термохалинных характеристик. Океанологические условия формируют потенциальные возможности для расширения нерестового ареала вида или ограничивают их.

Основной целью работы является сравнительная оценка параметров среды обитания и их возможное влияние на формирование новых нерестовых зон для тихоокеанской трески в южной части Охотского моря.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характер пространственного распределения трески показывает, что ее нерестилища в исследуемых водах располагаются непосредственно только в зоне влияния теплого течения Соя (**рис. 1, 2**). Вертикальная структура вод в этой зоне представлена типом 3, образованным поверхностной (0–30 м), холодной промежуточной (ХПС) (30–300 м), теплой промежуточной (ТПС) (300–1 200 м) и глубинной (>1 200 м) водными массами. Треска в охотоморских водах распределяется преимущественно в пределах изобат 50–250 м, т. е. основной зоной ее обитания является холодный промежуточный слой, который имеет весной температуру 0–0,5°C, соленость 33,2–33,3‰, содержание кислорода – 6–8 мл/л, а летом чуть повышенную температуру – 0,5–1,0°C (по другим сведениям, –1,8—+2°C) (**Takizawa, 1982; Богданов, Мороз, 2000**). Нижележащая теплая промежуточная водная масса отличается температурой порядка 2,0°C, повышенной соленостью 34,0‰ и очень низким содержанием кислорода (1–5 мл/л). Именно последний показатель, видимо, служит ограничивающим фактором для массового движения рыб в глубины моря. Известно, что при температуре воды от 0,5 до 3,0°C активность поведения нерестующей трески требует потребления кислорода взрослой рыбой не менее 50 мл/г*час, что возможно при концентрации кислорода, превышающей 5,5 мл/л (**Paul et al., 1988**). К примеру, в придонных слоях воды в районе зимнего обитания поло-

возрелой трески Татарского пролива, на глубинах порядка 300–500 м, содержание кислорода составляет 5,6–8,0 мл/л. Кроме этого, благоприятный кислородный режим чрезвычайно важен для ранних стадий развития трески – икры и личинок, и в значительной мере определяет их выживаемость, как показано на примере балтийской трески (Грауман, 1972).

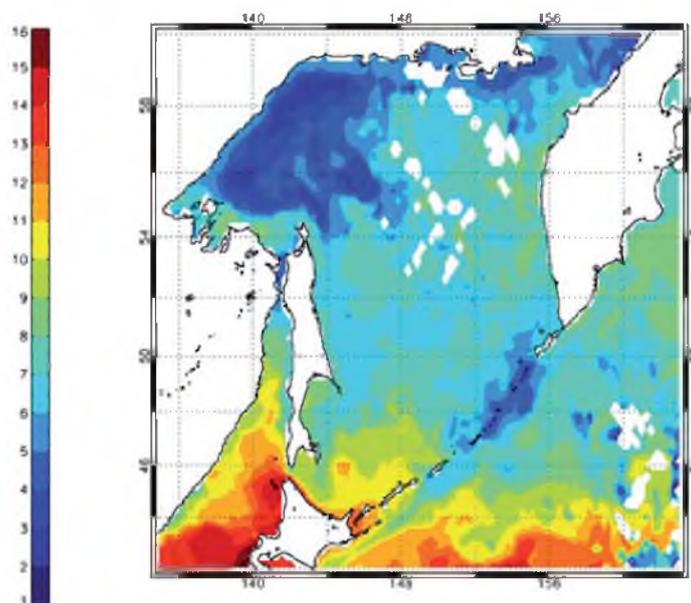


Рис. 1. Поверхностная температура воды южной части Охотского моря в октябре 2003 г. по спутниковым данным TeraScan. Вдоль северного побережья Хоккайдо четко прослеживается вектор движения теплого течения Соя, достигающего акватории южных Курильских островов (<http://teradata.sakhniro.ru>)

Fig. 1. Sea surface temperature in the southern Okhotsk Sea in October 2003 from the satellite TeraScan data. Motion vector of the Soya Warm Current, which reach southern Kuril Islands, is clearly seen along northern Hokkaido (<http://teradata.sakhniro.ru>)

Учитывая, что тихоокеанская треска имеет донный тип икры, весь жизненный цикл южно-охотоморской трески проходит в границах холодного промежуточного слоя. Вместе с тем холодная промежуточная масса в водах Охотского моря значительно холоднее, чем с тихоокеанской стороны южных Курильских островов. Ядро этой массы характеризуется крайне низкими температурными значениями (до $-1,6^{\circ}\text{C}$) на большей части акватории в течение всего года. В Охотском море этот слой более мощный, а нижняя его граница более заглублена. Соответственно, глубже располагается теплый промежуточный слой, причем в море он менее резко выражен по сравнению с тихоокеанскими водами. Вблизи Курильских островов ХПС, характеризующийся отрицательными температурами в Охотском море, существенно ослаблен, а его ядро имеет положительную температуру. Та же картина наблюдается в зоне воздействия теплого течения Соя у северного Хоккайдо, где оно оказывает согревающее воздействие на весь слой ХПС.

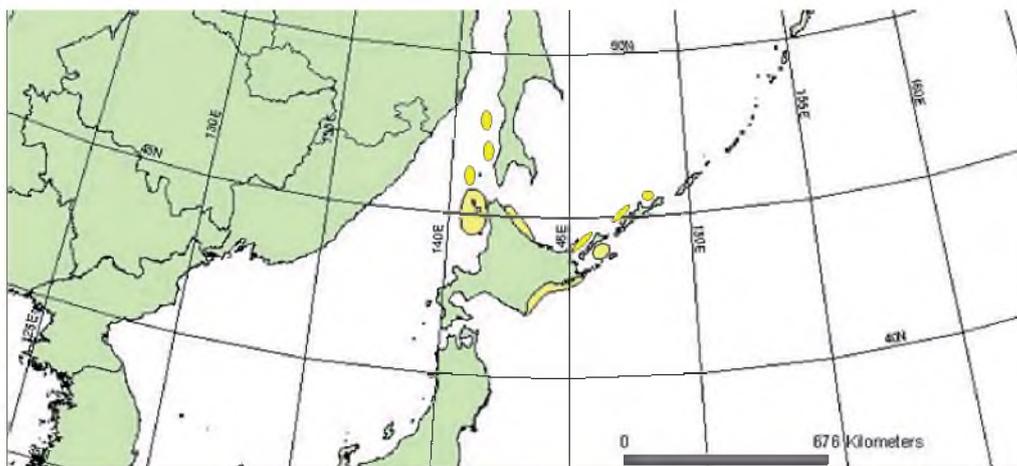


Рис. 2. Нерестилища тихоокеанской трески в водах Хоккайдо по данным программы ANSROP-GIS (Анон., 2010). Рисунок дополнен известными нерестилищами трески в Татарском проливе с охотоморской стороны островов Итуруп и Кунашир (Ким, 1998)

Fig. 2. Pacific cod spawning areas in Hokkaido waters from the data of the Program ANSROP-GIS (Anon., 2010). The figure is added with the known spawning areas of Pacific cod in Tatar Strait on the Okhotsk Sea side of Iturup and Kunashir Islands (Kim, 1998)

На расстоянии 40–60 миль от побережья южно-курильских островов ХПС резко обрывается, что связывается с наличием фронтального водораздела между собственно охотоморскими водами и трансформированными водами, входящими через Курильские проливы. Вблизи островов на мелководьях с глубинами от 0 до 150 м наблюдается пятый тип субарктической структуры водных масс, так называемый тип зоны мелководий. Воды этого типа отличаются практически однородным вертикальным распределением термохалинных характеристик. Весной ей свойственны температура 1–2°C, соленость 33,2–33,5‰, содержание кислорода 6–8 мл/л, а летом – повышенная температура 3–4°C. Эти параметры оптимальны для массового распределения трески, что подтверждается постоянными скоплениями рыб в охотоморских заливах в нагульный и нерестовый периоды года.

У восточных берегов Сахалина, в зоне воздействия холодного Восточно-Сахалинского течения, между холодным и теплым промежуточными слоями образуется охотоморская промежуточная водная масса, расположенная на горизонтах от 150 до 600 м (тип структуры 2) (**рис. 3**). Она обладает средними термохалинными показателями ($T=1,5^{\circ}\text{C}$; $S=33,75\text{‰}$; $O_2=6,5\text{--}8$ мл/л) по сравнению с холодным и теплым промежуточными массами (**Богданов, Мороз, 2000**). В прикурильских и тихоокеанских водах (тип 1) эта водная масса отсутствует.

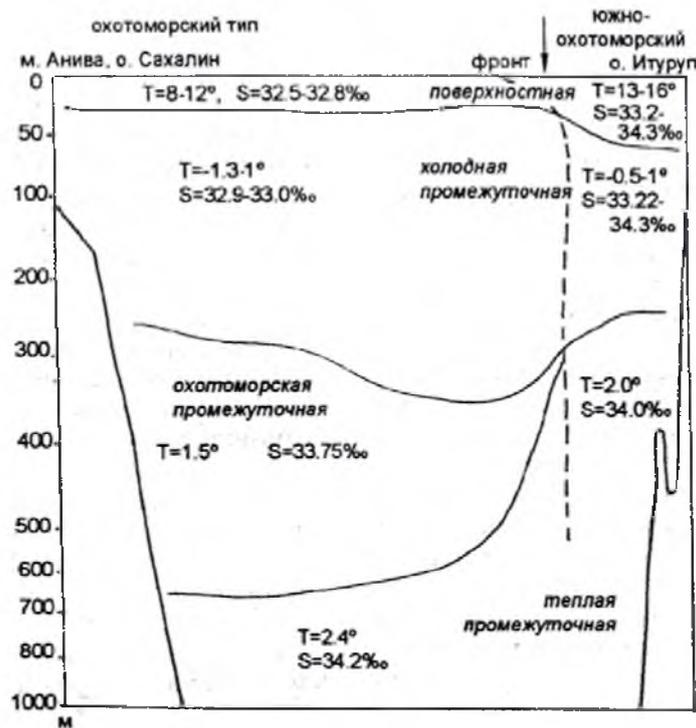


Рис. 3. Летняя структура вод в южной части Охотского моря (Богданов, Мороз, 2000)

Fig. 3. Summer structure of waters in the southern part of the Okhotsk Sea (Bogdanov, Moroz, 2000)

Сравнение приведенных данных показывает, что восточно-сахалинские воды вплоть до глубины 600 м, т. е. охватывая весь возможный диапазон глубин обитания трески, отличаются пониженной соленостью, обусловленной влиянием Восточно-Сахалинского течения, а также заглублением вдоль склона поверхностных вод от тающего весной охотоморского льда. Температурные параметры и содержание кислорода в водах с охотоморской стороны о. Итуруп мало чем отличаются от вод восточного Сахалина, но соленость на глубинах до 200–250 м находится в пределах от 33,2 до 34,3‰, что заметно выше значений 32,9–33,0‰, характерных для восточно-сахалинских вод. Кроме того, у берегов Курильских островов, при отсутствии охотоморской промежуточной водной массы, ХПС подстилается непосредственно теплым промежуточным слоем. Видимо, ТПС может определять предельные глубины нерестовых скоплений трески в охотоморских водах южных Курильских островов. Вполне вероятно, что именно граница ХПС и ТПС с приграничными контрастными характеристиками и привлекает размножающуюся треску. В этом случае присутствие вдоль сахалинского побережья дополнительного промежуточного слоя между ХПС и ТПС, сдвигающее границу холодных вод на изобаты 600–700 м, создает неблагоприятные условия для трески на оптимальных для ее размножения глубинах. Отсутствие этой границы в пределах глубин возможного обитания рыб у восточного Сахалина, низкая соленость и отрицательные температуры холодного промежуточного слоя могут служить основными ограничивающими факторами для образования здесь нерестилищ трески.

Вдоль северного побережья Хоккайдо охотоморская промежуточная водная масса также отсутствует, а граница между ХПС и ТПС лежит на горизонте 300 м (Takizawa, 1982). Это создает здесь аналогичные прикурильским водам условия существования трески. Соответственно, вероятными факторами, способствующими возникновению нерестилищ исследуемого вида у северного Хоккайдо и в охотоморских водах южных Курильских островов, являются более теплые воды ХПС зимой в этих районах, отсутствие охотоморского промежуточного слоя и непосредственный контакт ХПС и ТПС в южных водах Охотского моря.

Зоны размножения трески отсутствуют и в тихоокеанских водах о. Итуруп. Этот район находится под влиянием холодного течения Ойясио, имеющего типичную субарктическую структуру водных масс (Самко, 1992; Богданов, Мороз, 2004). В южно-курильском районе поверхностная водная масса этой структуры располагается на глубине 0–50 м, летом имеет температуру 6–13°C, соленость 33,0–33,7‰. Холодная промежуточная масса распределяется в слое 50–250 м (ядро 125–150 м) и характеризуется летом минимальными температурами 1–2°C, соленостью 33,2–33,8‰. ТПС располагается в толще 250–1 000 м (ядро 400–500 м), с максимальными температурами 3,0–3,1°C, соленостью 34,0–34,2‰. Глубже 1 000 м наблюдается глубинная водная масса с температурой 1,5–2,3°C и соленостью 34,4–34,5‰. Непосредственно в прибрежных водах структура вод относится к пятому типу, т. е. к типу зоны мелководий, распространяющемуся до 150 м. В зимний период года, когда треска приступает к размножению, поверхностная водная масса и ХПС охлаждаются до минимальных значений и приобретают сходные черты с восточно-сахалинскими водами.

Непосредственная локализация нерестилищ, видимо, связана не только с общим расположением холодного промежуточного слоя в вертикали моря. Приуроченность мест размножения рыб к фронтальным разделам и локальным антициклоническим или циклоническим вихрям, природа которых связана с рельефом дна и контактом водных масс с разными характеристиками, уже неоднократно указывалась для разных промысловых объектов (Месяцев, 1939; Ижевский, 1961; Левасту, Хела, 1974; Золотов, 1975; Зуенко, 2008). Изрезанность рельефа дна с охотоморской стороны южно-курильских островов, несомненно, создает условия для возникновения многочисленных фронтальных и вихревых образований. Известно, что цепь антициклонических вихрей наблюдается как с охотоморской, так и с океанской стороны островов (Булатов, Лобанов, 1983). Большинство вихревых квазистационарных образований, наблюдаемых у Курильских островов, берут начало от прибрежной зоны моря и подводных возвышенностей, разбросанных вдоль основной гряды островов (Дарницкий, Булатов, 1997; Самко и др., 2009). Горизонтальные размеры вихревых структур изменяются в пределах от 40–70 до 100–200 км, центры вихрей находятся в 70–90 милях от островной дуги. Происхождение этих вихрей объясняется взаимодействием вод течений Соя, Восточно-Сахалинского и Ойясио в прикурильском районе. Существует прибрежная линия фронтального водораздела с океанской и охотоморской сторон островов, сопряженная с постоянными апвеллингами (Дарницкий, Булатов, 1997; Богданов, Мороз, 2000, 2004). Уже упоминалось о водоразделе между собственно охотоморскими водами и водами, относящимися к зоне мелководья. Существует информация о квазистационарной фронтальной зоне южнее пролива Екатерины, на входе в Южно-Курильский

пролив (Самко, 1992). Эта зона разделяет воды течений Ойясио и Соя, встречающиеся в теплый период года вблизи южно-курильских островов.

Подводная ложбина, идущая от пролива Екатерины, создает условия для возникновения фронтальных водоразделов и вихревых образований вдоль всей своей длины. Залив Рока находится в непосредственной близости от этой зоны, и при преобладающей антициклонической циркуляции вокруг острова Итуруп (в самом заливе) может возникать стационарный антициклонический вихрь, способствующий образованию биопродуктивной зоны. Это отражается в скоплениях ряда донных видов рыб в пределах залива (Ким, Бирюков, 2009). Подобный же характер циркуляции характерен для района свала глубин Южно-Курильского пролива. Антициклонический круговорот вокруг крупных южно-курильских островов, вероятно, приводит к образованию вихрей такой же направленности во всех крупных заливах о. Итуруп – Касатка, Простор, и других более мелких юго-западных заливах. Заглубление поверхностных, богатых кислородом вод в придонные горизонты моря должно способствовать росту биомассы бентоса у дна, а также концентрации планктона в верхних горизонтах. Вместе с тем, как уже упоминалось, в районе островов существует прибрежный фронт апвеллингов, способствующий подъему придонных вод, обогащенных биогенами и в силу этого приводящий к активным вертикальным движениям водных масс вдоль всего побережья острова.

Важным моментом представляются сезонные вариации интенсивности основных течений в районе. Усиление течения Соя в теплый период года и почти полное его ослабление в холодное время сочетается с противоположным усилением Восточно-Сахалинского течения и течения Ойясио зимой и их ослаблением летом (рис. 4). Эта периодичность сопровождается сильным охлаждением поверхностного слоя моря в зимний период года, в результате чего происходит образование ледового покрова и гомогенизация поверхностной водной массы и ХПС. При этом в феврале–марте, когда осуществляется размножение трески, район летнего влияния течения Соя вдоль Хоккайдо и южных Курильских островов оказывается заполнен водами, называемыми «предвестником течения Соя» (Takizawa, 1982). Эти воды, распределяющиеся в диапазоне глубин от 0 до 150 м, очень сходны по своим свойствам с водами течения Соя и характеризуются высоким содержанием кислорода 6–8 мл/л, но при этом низкими значениями температуры в пределах 2–6°C. Эти сравнительно теплые воды вызывают фоновое потепление ХПС в ранневесенний период и способствуют формированию нерестилищ трески.

В марте–мае в посленерестовый период в южнокурильских водах начинается период цветения водорослей, который продолжается до середины июня в водах теплых течений и до сентября в водах холодных течений (Надточий, 2004). Биомасса планктона при этом начинает увеличиваться и к концу мая достигает максимальной величины в среднем около 3 000 мг/м³. Благодаря массовому размножению беспозвоночных в планктоне формируется кормовая база для питания личинок рыб весеннего нереста, в том числе и трески. Весенний биологический сезон начинается с формирования сезонного термоклина. Поток субарктических вод ослабевает, а поток теплых вод течения Соя, наоборот, усиливается, что благоприятным образом сказывается на развитии кормовой базы.

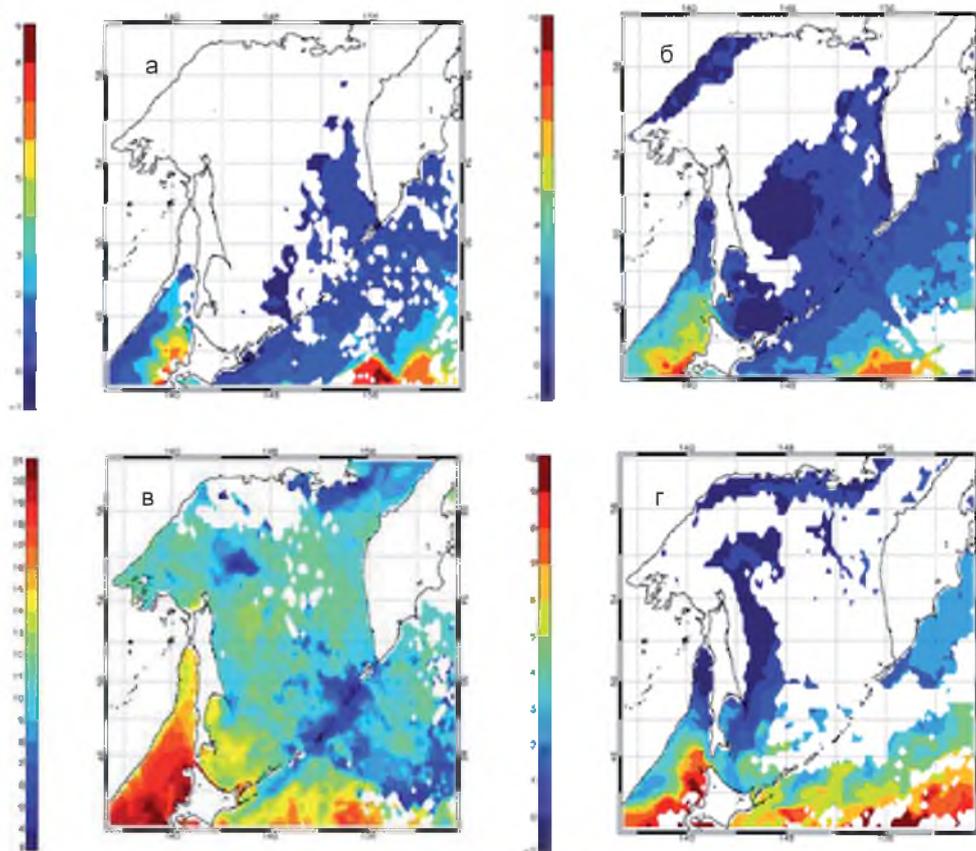


Рис. 4. Типичные карты распределения поверхностной температуры воды по данным спутниковой системы TeraScan в феврале (а), апреле (б), августе (в) и декабре (г) (<http://teradata.sakhniro.ru>)

Fig. 4. Typical maps of sea surface temperature distribution from the satellite TeraScan data in February (a), April (б), August (в), and December (г) (<http://teradata.sakhniro.ru>)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, характер распределения половозрелой трески в южной части Охотского моря и вдоль Курильской гряды вполне объясняется теми параметрами и процессами, которые наблюдаются в естественной среде ее обитания. Следует исходить из того, что образованию нерестовых зон трески вдоль верхних участков островного склона у южно-курильских островов на глубинах 100–250 м способствует ряд структурных особенностей водной толщи Охотского моря в его южной части. Неблагоприятные параметры среды обитания, т. е. неоптимальные значения температуры воды, содержания кислорода и солености, препятствуют нормальному процессу размножения трески и существенно ограничивают общий ареал распространения вида.

ЛИТЕРАТУРА

- Богданов, К. Т. Структура, динамика и гидролого-акустические характеристики вод проливов Курильской гряды [Текст] / **К. Т. Богданов, В. В. Мороз**. – Владивосток : Дальнаука, 2000. – 152 с.
- Богданов, К. Т. Воды Курило-Камчатского течения и течения Ойясио [Текст] / **К. Т. Богданов, В. В. Мороз**. – Владивосток : Дальнаука, 2004. – 141 с.
- Булатов, Н. В. Исследования мезомасштабных вихрей восточнее Курильских островов по данным метеорологических спутников Земли [Текст] / **Н. В. Булатов, В. Б. Лобанов** // Исследования Земли из космоса. – 1983. – № 3. – С. 40–47.
- Грауман, Г. Б.** Причины, обуславливающие колебания численности трески и шпрота в Балтийском море [Текст] / Г. Б. Грауман // Тр. ВНИРО. – 1972. – Т. 87. – С. 249–269.
- Дарницкий, В. Б. Охотоморские вихри прикурильского района [Текст] / **В. Б. Дарницкий, Н. В. Булатов** // Комплексные исследования Охотского моря. – М. : Изд-во ВНИРО, 1997. – С. 36–39.
- Золотов, О. Г.** Распределение одноперого терпуга в прибрежных водах северных Курильских островов [Текст] / О. Г. Золотов // Изв. ТИНРО. – 1975. – Т. 97. – С. 37–43.
- Зуенко, Ю. И.** Промысловая океанология Японского моря [Текст] / Ю. И. Зуенко. – Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. – 227 с.
- Ижевский, Г. К.** Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей [Текст] / Г. К. Ижевский. – М. : Пищепромиздат, 1961. – 216 с.
- Ким, Сен Ток Биология и промысловые ресурсы донных и придонных видов рыб в шельфовых водах южных Курильских островов [Текст] / **Ким Сен Ток, И. А. Бирюков**. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2009. – 124 с.
- Левасту Т. Промысловая океанография [Текст] / **Т. Левасту, И. Хела**. – Л. : Гидрометеоздат, 1974. – 295 с.
- Месяцев, И. И.** О структуре косяков трески [Текст] / И. И. Месяцев // Тр. ВНИРО. – 1939. – Т. IV. – С. 369–395.
- Надточий, В. В.** Сезонная динамика планктона в зонах с различной термической структурой вод в районе южных Курильских островов [Текст] / В. В. Надточий // Биология моря. – 2004. – Т. 30, № 4. – С. 255–262.
- Самко, Е. В.** Фронтальные зоны течения Ойясио и их промыслово-экологическое значение [Текст] : Дис. ... канд. биол. наук / Е. В. Самко. – СПб. : С-Петербург. гос. ун-т, 1992. – 289 с.
- Самко, Е. В. Вихревые образования в южной части Охотского моря [Текст] / **Е. В. Самко, Н. В. Булатов, А. В. Капштер** // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : Сб. науч. ст. – М. : ООО «Азбука-2000», 2009. – Вып. 6, т. 1. – С. 456–464.
- Paul, A. J. Respiratory energy requirements of the cod *Gadus macrocephalus* Tilesius relative to body size, food intake, and temperature [Text] / **A. J. Paul, J. M. Paul, R. L. Smith** // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1988. – Vol. 122. – P. 83–89.
- Takizawa, T.** Characteristics of the Soya Warm Current in the Okhotsk Sea [Text] / T. Takizawa // Journal of the Oceanographical Society of Japan. – 1982. – Vol. 38. – P. 281–292.