

УДК 639.222.2

СОПРЯЖЕННОСТЬ ЛЕДОВИТОСТИ И УРОЖАЙНОСТИ  
ПОКОЛЕНИЙ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ  
СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

А. А. СМИРНОВ<sup>1,2,3\*</sup>, С. Ю. ШЕРШЕНКОВ<sup>4\*\*</sup>, А. М. ПАНФИЛОВ<sup>4\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Государственный научный центр РФ ФГБНУ  
“Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии”, Москва, Россия

<sup>2</sup> Дагестанский государственный университет (ДГУ), Махачкала, Россия

<sup>3</sup> Сахалинский государственный университет (СахГУ),  
Южно-Сахалинск, Россия

<sup>4</sup> Магаданский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ  
“Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии”, Магадан, Россия

На основе материалов МагаданНИРО за 1974–2020 гг. рассматривается урожайность тихоокеанской сельди Северо-Охотоморской подзоны в зависимости от ледовых условий. Показано, что урожайность поколений этой сельди до 2002 г., вероятно, находилась в обратной зависимости от общей ледовитости этого района в год рождения поколения. В последующий период эта связь, видимо, изменилась и больше не показывает устойчивой зависимости, что связано с возможным влиянием региональных откликов вышеуказанных популяций и экосистемы Охотского моря на проявление климатических изменений. Предлагается создание и апробация нового “индекса таяния льдов”, а также индекса, характеризующего особенности ледовой обстановки северо-восточной части Охотского моря.

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2025.59.2.565>

**Keywords:** Sea of Okhotsk, herring, generations, arctic, yield, conjugacy.

**Введение.** В северной части Охотского моря обитают две крупных популяции (стада) тихоокеанской сельди: охотская и гижигинско-камчатская [1, 2]. Охотская сельдь населяет северо-западную часть Охотского моря. Ее прибрежные нерестилища имеют значительную протяженность – от мыса Борисова на западе до Тауйской губы на севере [3]. В период нагула охотская сельдь распределяется на обширной акватории и основные скопления образует севернее 54°00 с.ш. от острова Ионы до полуострова Кони [4]. Гижигинско-камчатская

\* E-mail: [asmirnov@vniro.ru](mailto:asmirnov@vniro.ru)

\*\* E-mail: [shershenkovsu@magadan.vniro.ru](mailto:shershenkovsu@magadan.vniro.ru)

\*\*\* E-mail: [cotovasy@mail.ru](mailto:cotovasy@mail.ru)

сельдь обитает в северо-восточной части Охотского моря, основные нерестилища находятся в Гижигинской губе залива Шелихова, локальные – у берегов Западной Камчатки [5]. Нагуливается она вдоль западной Камчатки и в северо-восточной части Охотского моря [6]. В периоды высокой численности сельдь обоих стад образует смешанные скопления в Притауйском районе [2].

*Цель настоящей работы* – оценить влияние ледовитости на урожайность поколений охотской и гижигинско-камчатской сельди.

**Материалы и методы исследования.** Основой для настоящей работы послужили материалы, собранные в 1986–2020 гг. авторами и сотрудниками Магаданского НИИ рыбного хозяйства и океанографии (МагаданНИРО), а также архивные материалы МагаданНИРО за период 1974–1985 гг. Проанализировано более 100 тыс. экземпляров охотской сельди и 60 тыс. экз. гижигинско-камчатской сельди. Индекс площади ледового покрова Охотского моря, т.е. относительное покрытие акватории моря льдом, осредненное для периода максимального льдообразования (февраль–март) по годам, выраженный в процентах от общей площади, использован на основании публикаций А.Л. Фигуркина [7, 8] и А.А. Смирнова с соавт. [9]. Осреднение проводилось подекадно: за каждую десятидневку отбирался один космический снимок (факсимильное изображение–схема за период до 1994 г.), наиболее хорошо характеризующий состояние ледового покрова Охотского моря в соответствующий период, и производился подсчет площади, занятой льдом с плотностью 65–100% на единицу поверхности моря (сплоченность 6–10 баллов). Далее производилось осреднение данных измеренных площадей за изучаемый год (по 6 периодам–декадам февраля–марта в сумме), затем делением на общую площадь Охотского моря находилась величина индекса ледового покрова (общая ледовитость района) Охотского моря, измеряемая в процентах. Затем составлялся многолетний ряд вышеуказанного индекса, используемый в наших материалах.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Обобщая итоговые данные по индексу ледовитости можно отметить 4 условных периода повышенной, пониженной ледовитости Охотского моря: относительно “холодные” – 1974–1990 и 1998–2003 гг. (с максимумами 92% в 1978 и 2001 гг.) и относительно “теплые” – 1991–1997 гг. и с 2004 г. по настоящее время (с минимумами 46% в 1991 г. и 36% в 2015 г.). Естественно, в эти периоды наблюдались отдельные годы с относительно малыми (в первом случае) и высокими (во втором случае) индексами. При этом суммарно за весь период наблюдений наблюдалось 12 случаев “очень теплых зим” с индексами до 55%, 14 случаев “теплых зим” с индексами 56–65%, 10 случаев “умеренных зим” с индексами 66–75% и 11 случаев “холодных зим” с индексами свыше 76%.

Сельдь, которая живет в дальневосточных морях, характеризуется существенными межгодовыми колебаниями численности и биомассы отдельных ее популяций. Эти изменения вызываются, в первую очередь, влиянием абиотических факторов на численность различных поколений. Известно, что поколения рыб могут иметь разную численность. Их обычно делят на так называемые “урожайные”, т.е. имеющие относительно высокую численность, “неурожайные” – с низкой численностью и “среднеурожайные”, которые имеют промежуточное значение между высокими и низкими показателями.

Для охотской сельди зависимость численности поколений от ледовых условий в нерестовый период проанализировал Б.В. Тюрнин, который выделил 4 типа нерестового ареала, связав распределение льда по нерестилищам и численность родительского стада [10]. По данным этого автора, в 50-х – начале 70-х гг. прошлого столетия урожайные поколения появлялись при размножении высокого по численности родительского стада при благоприятной ледовой обстановке в пределах всего нерестового ареала (так называемый I тип нерестового ареала) северной части Охотского моря. Урожайные поколения также появлялись при высокой численности производителей и блокировании льдами только восточной части нерестового ареала (III тип нерестового ареала).

Неурожайные поколения появлялись в следующих случаях: при блокировании льдами одновременно западной и восточной частей нерестового ареала (II тип), независимо от численности родительского стада; при блокировании льдами западных нерестилищ (IV тип), даже при высокой численности производителей. Кроме того, независимо от типа нерестового ареала, размножение низкого по численности нерестового стада приводило к появлению неурожайных поколений.

Ю.П. Завернин [11] показал, что в годы раннего очищения от льда прибрежных районов, урожайность поколений охотской сельди возрастала.

Н.П. Поплаухин и В.А. Бобров отметили, что для сельди охотской популяции выживаемость молоди, определяющая общую урожайность поколения, в первую очередь зависит от ледовых условий в нерестовый и посленерестовый период [12–14].

Р.К. Фархутдинов в целом подтвердил выводы Б.В. Тюрнина в отношении урожайности поколений охотской сельди в 70-х–90-х гг. прошлого столетия [15].

Условно поместив все учтенные низкоурожайные поколения в 1 кластер, среднеурожайные – во 2 кластер и высокоурожайные поколения – в 3 кластер, мы рассмотрели зависимость урожайности североохотоморской сельди по годам рождений от ежегодного индекса ледовитости Охотского моря.

Межгодовые колебания значений ледовитости и урожайности показывают большую вариабельность, однако данные, аппроксимированные полиномиальными уравнениями 6 степени, наиболее хорошо отражающими сглаженные тренды кривых индекса ледовитости и кластеризованной урожайности, иллюстрируют наличие определенной сопряженности между этими показателями. При этом можно отметить разные виды сопряженности в зависимости от различных временных периодов.

На рис. 1 показана многолетняя динамика индекса ледовитости и осредненной суммарной урожайности поколений североохотоморской сельди в целом за 1978–2014 гг. Видно, что в периоды до 1988 г. и с 1998 по 2002 гг. появление урожайных поколений, в целом, находилось в прямой зависимости от снижения средней ледовитости, в период 1988–1997 гг. в северной части моря наблюдались только среднеурожайные поколения, независимо от уровня ледовитости. Позже, в период наступивших “теплых зим”, когда индекс ледовитости стал устойчиво ниже 65%, урожайности поколений стали показывать разнонаправленную динамику сопряженности, видимо, другие факторы, возможно, антропогенное влияние в виде промысла или большая экологическая

турбулентность (включая кормовые особенности нагула молоди, через изменчивость сукцессий планктонного сообщества в весенне-летний период) стали влиять на урожайность поколений в большей степени, чем низкая ледовитость.

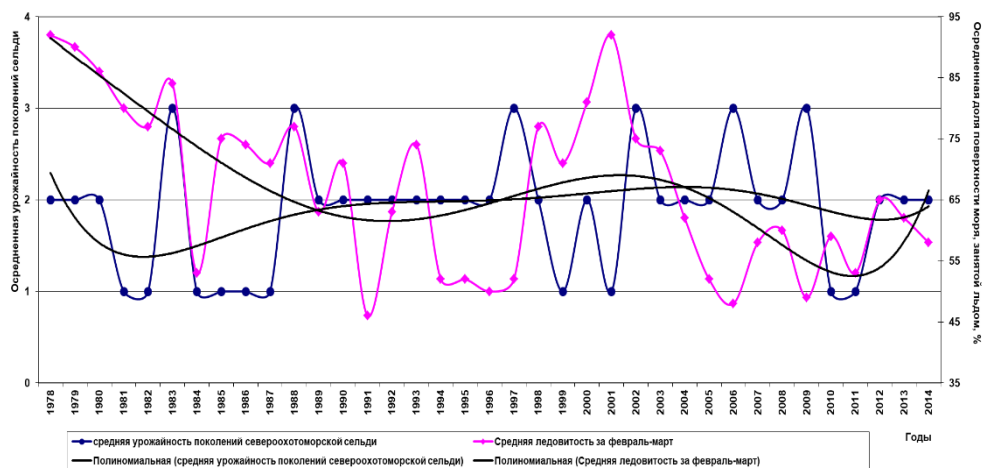


Рис. 1. Многолетняя динамика кластеризованной урожайности поколений североохоотоморской сельди и индекса ледовитости Охотского моря с 1978 по 2014 гг.

Рис. 2 представляет сопряженность появления поколений различной урожайности североохоотоморской сельди и ледовитости моря, выраженной индексами, за период с 1978 по 2014 гг. Характерно, что при различных уровнях ледовитости моря могут формироваться поколения любой урожайности, однако, в среднем для северной части моря высокоурожайные поколения появляются при индексах ледовитости от 48 до 84%, а низкоурожайные – от 53 до 92%.

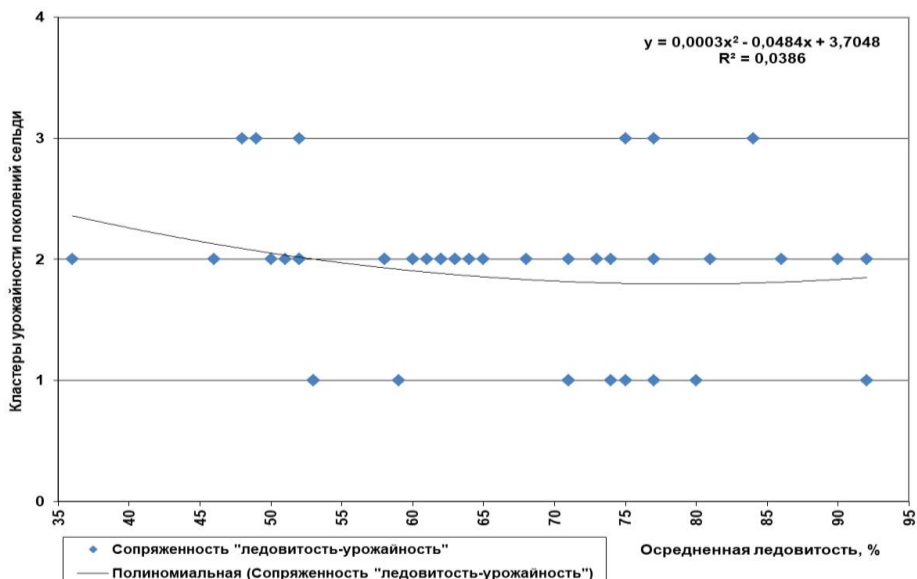


Рис. 2. Сопряженность кластеризованной урожайности поколений североохоотоморской сельди и индекса ледовитости Охотского моря с 1978 по 2014 гг.

Если рассматривать сельдь северной части Охотского моря отдельно по популяциям, то видно, что также в целом выражена отрицательная связь урожайности поколений охотской сельди с ледовитостью акватории района обитания в год их рождения (рис. 3, 4).

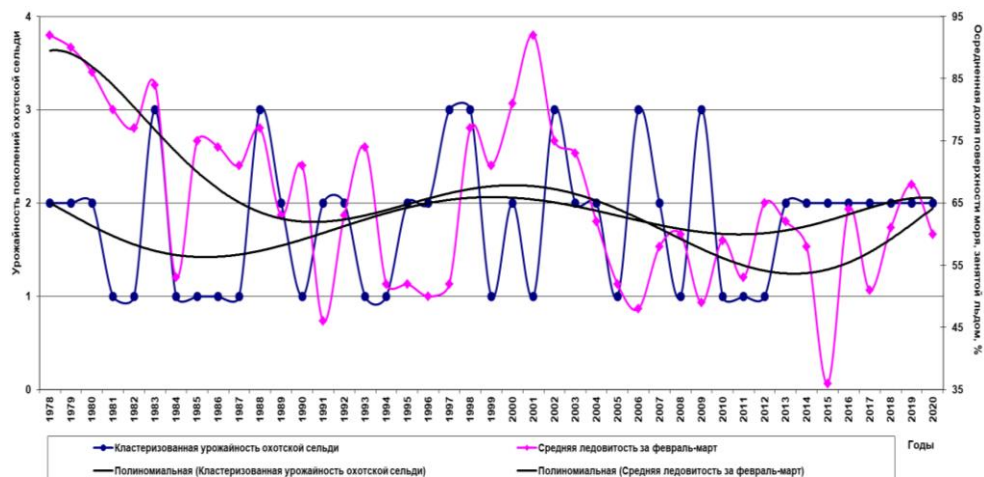


Рис. 3. Многолетняя динамика кластеризованной урожайности поколений популяции охотской сельди и индекса ледовитости Охотского моря с 1978 по 2020 гг.

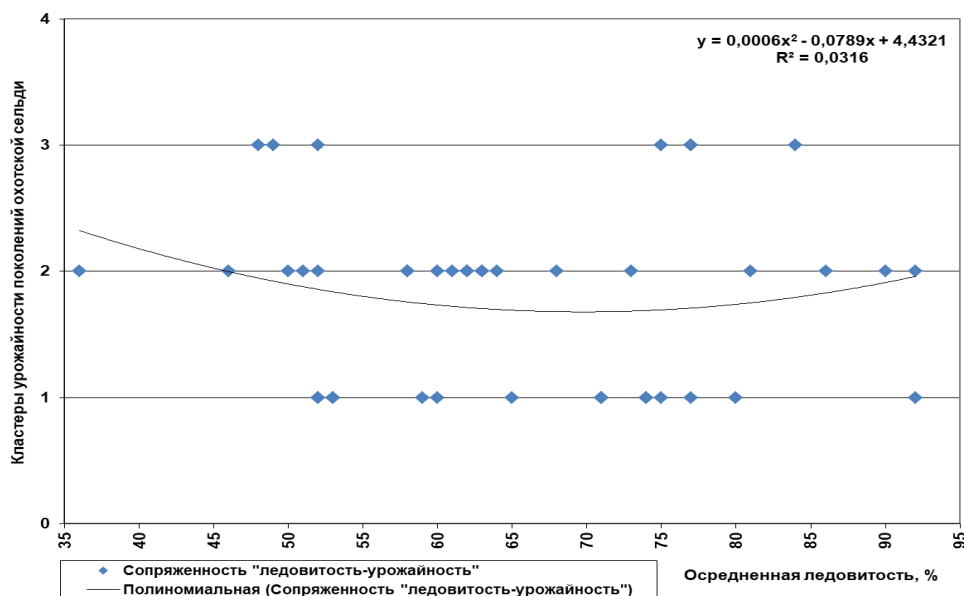


Рис. 4. Сопряженность кластеризованной урожайности поколений популяции охотской сельди и индекса ледовитости Охотского моря с 1978 по 2020 гг.

При этом также наблюдается существенная изменчивость сопряженности. Так, для периодов “холодных зим” (1978–1990 и 1998–2003 гг., когда индекс ледовитости устойчиво превышал 70%) она выражена в существенной степени, а для периодов “теплых зим” (1991–1997 гг. и после 2004 г.) эта связь

становится меньше, что особенно ярко наблюдается для последнего десятилетия анализируемого периода, когда независимо от изменчивости индексов ледовитости формировались лишь “неурожайные” и “среднеурожайные” поколения. Возможно, это связано с определенной временной адаптацией популяции к новой динамике ледовитости Охотского моря, вероятно связанной с последствиями глобального потепления.

У гижигинско-камчатской популяции сельди нерест и рост молоди, связанные с северо-восточной частью моря (заливом Шелихова и прилегающими водами), эти показатели также в основном находятся в обратной зависимости: с увеличением площади ледового покрова (изменениями индекса ледовитости) количество урожайных поколений уменьшалось и наоборот, что особенно характерно для периодов “холодных зим” (рис. 5, 6). Также необходимо отметить, что при наступлении периода “теплых зим” после 2001 г. сначала наблюдался хороший отклик на уменьшение индекса ледовитости (высокоурожайные поколения 2003–2005 гг. рождения), а затем эта сопряженность изменилась – в последующие “теплые зимы” формировались лишь “среднеурожайные” и “низкоурожайные” поколения. Данную смену сопряженности мы также можем связать с другими факторами: усилением антропогенного воздействия на нерестовую часть популяции (из-за изменения режима рыболовства для этого стада с 2011 г. и вызванного этим значительного роста вылова) и увеличением экологической изменчивости (в первую очередь температурных и кормовых условий) в районах роста и нагула молоди гижигинско-камчатской популяции тихоокеанской сельди.

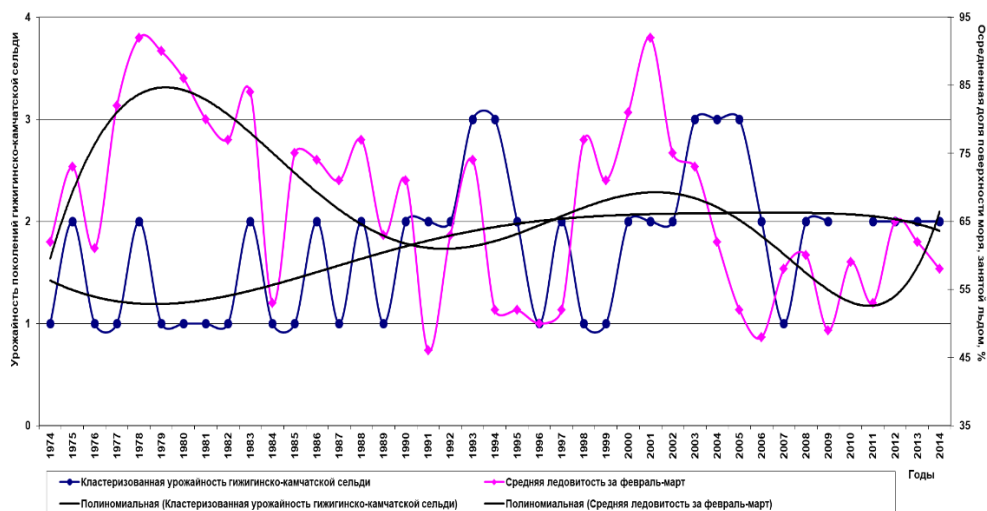


Рис. 5. Многолетняя динамика кластеризованной урожайности поколений популяции гижигинско-камчатской сельди и индекса ледовитости Охотского моря с 1974 по 2014 гг.

Ранее было установлено, что ледовитость влияет и на сроки начала подходов сельди на нерест – с увеличением ледовитости сельдь позже подходила на нерест, что отрицательно сказывалось на воспроизводстве, т.е. опосредованно влияло на урожайность поколений [16].

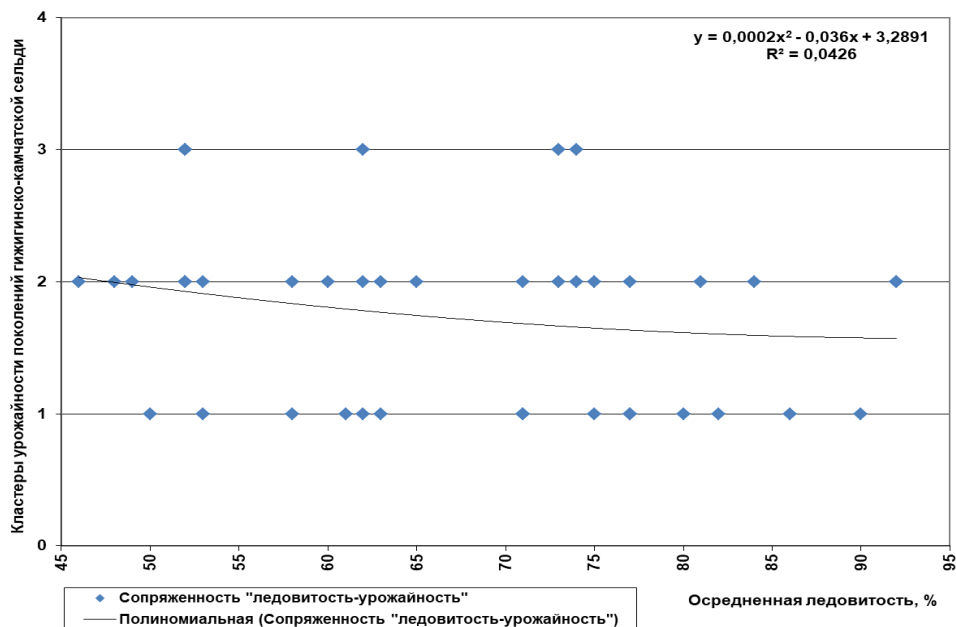


Рис. 6. Сопряженность кластеризованной урожайности поколений популяции гижигинско-камчатской сельди и индекса ледовитости Охотского моря с 1974 по 2014 гг.

**Заключение.** Таким образом, урожайность поколений сельди северной части Охотского моря в условиях отсутствия явно выраженной климатической динамики, видимо, находилась в обратной зависимости от ледовитости этого района в год рождения поколений. В то же время, при смене тренда ледовитости моря, выраженном в устойчивой ежегодной величине индекса ледовитости менее 70% после 2003 г., что мы связываем с последствиями наблюдаемого климатического потепления, вышеуказанная зависимость перестала ярко проявляться.

Используемый нами индекс ледовитости Охотского моря, который создается дальневосточными специалистами-океанологами и является наиболее часто используемым в рыбохозяйственных исследованиях, все же не дает необходимой для исследований точности и адекватности для анализа его связи с популяционной динамикой поколений, особенно в современный период формирования региональных экосистемных откликов на глобальное изменение климата. В связи с этим, для поиска более точных зависимостей между динамикой океанологических (и гляциологических) условий северной части Охотского моря и урожайностью поколений охотской и гижигинско-камчатской популяций тихоокеанской сельди мы предлагаем сформировать дополнительные океанологические индексы, непосредственно характеризующие процессы нереста, развития икры и личинок, а также роста мальков и молоди североохотоморских популяций сельди в течение первых лет жизни, которые, в свою очередь, формируют многолетнюю динамику урожайности поколений. Одним из таких индексов может стать “индекс таяния льдов” – индекс многолетней динамики скорости развития весенних процессов или

интегральная величина скорости таяния льдов от их максимального значения до достижения величины 15% ледового покрытия от всей площади Охотского моря. Также, вероятно, отдельно необходимо разработать и апробировать индекс ледовитости, отражающий особенности ледовой ситуации на северо-востоке Охотского моря в водах залива Шелихова и прилегающих к ним, которые непосредственным образом могут влиять на условия воспроизводства, развития молоди и формирования урожайности поколений гижигинско-камчатской популяции тихоокеанской сельди в разные годы.

Поступила 04.04.2025

Получена с рецензии 01.07.2025

Утверждена 15.08.2025

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Науменко Н.И. *Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока*. Петропавловск-Камчатский. Камчатский печатный двор (2001), 330.
2. Смирнов А.А. *Биология, распределение и состояние запасов гижигинско-камчатской сельди*. Магадан, МагаданНИРО (2014), 170.
3. Тюрнин Б.В. *Структура нерестовой популяции сельди северо-западной части Охотского моря, ее динамика и биологические основы прогнозирования улова*. Дисс. на соискание уч. степ. канд. биол. наук. Владивосток, ТИНРО-центр (1975), 221.
4. Фадеев Н.С. *Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана*. Владивосток, ТИНРО-Центр (2005), 366.
5. Правоторова Е.П. Некоторые данные по биологии гижигинско-камчатской сельди в связи с колебаниями ее численности и изменением ареала нагула. *Изв. ТИНРО* 59 (1965), 102–128.
6. Смирнов А.А. *Гижигинско-камчатская сельдь*. Магадан, МагаданНИРО (2009), 149.
7. Фигуркин А.Л. Ледовитость как индикатор термического состояния придонных вод северной части Охотского моря. *Изв. ТИНРО* 145 (2006), 259–270.
8. Фигуркин А.Л. Изменчивость термохалинного состояния придонных вод северной части Охотского моря. *Изв. ТИНРО* 166 (2011), 255–274.
9. Смирнов А.А., Фигуркин А.Л. и др. Сопряженность ледовитости, вылова и урожайности поколений минтая в северной части Охотского моря. *Ученые записки Сахалинского государственного университета XVII/XVIII* (2022), 27–32.
10. Тюрнин Б.В. Нерестовый ареал охотской сельди. *Изв. ТИНРО* 86 (1973), 12–21.
11. Завернин Ю.П. Влияние гидрометеорологических условий на сроки подхода охотской сельди на нерест и урожайность ее поколений. *Изв. ТИНРО* 81 (1972), 44–51.
12. Бобров В.А. *Влияние циклических океанологических процессов на воспроизводство сельди*. Тез. докл. 2-го Всесоюзного съезда океанологов. Вып. 5. Москва (1982), 57.
13. Поплаухин Н.П., Бобров В.А. *К вопросу о влиянии биотических и абиотических факторов на выживаемость молоди охотской сельди*. Тез. докл. Всес. совещ. “Биологические ресурсы дальневосточных морей”. Владивосток (1975), 37–38.
14. Поплаухин Н.П., Бобров В.А. *Влияние океанологических факторов на распределение и выживание молоди охотской сельди*. Тез. докл. всес. конф. “Вопросы раннего онтогенеза рыб”. Киев, Наукова Думка (1978), 214–215.
15. Фархутдинов Р.К. Межгодовая изменчивость эффективности воспроизводства и урожайности поколений охотской сельди. *Матер. Всеросс. научн. конф. “Наука Северо-Востока России – начало века”*. Магадан, СВНЦ ДВО РАН (2005), 427–430.
16. Смирнов А.А., Панфилов А.М. Зависимость от ледовых условий объемов вылова, урожайности поколений и сроков начала нерестовых подходов североохотоморских сельдей. *Вестник СВНЦ ДВО РАН* 2 (2013), 57–60.



Ա. Ա. ՍՄԻՐՆՈՎ, Ս. Յու. ՇԵՐՇԵՆԿՈՎ, Ա. Մ. ՊԱՄՖԻԼՈՎ

ՍԱՌՑԱՅՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԾՈՎԱՏԱՌԵԽԻ ՍԵՐՈՒՆԴՆԵՐԻ  
ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՕԽՈՏԻ ԾՈՎԻ ՀՅՈՒՄԻՍԱՎՅԻՆ ՄԱՍՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

MagadanNIRO-ի 1974–2020 թթ. նյութերի հիման վրա դիտարկվում է Հյուսիսային Օխոտոծվյան ենթազոնայի խաղաղօվկիանոսային ծովատառեխի արտադրությունը՝ կախված սառցային պայմաններից: Ցույց է տրվել, որ ծովատառեխի սերունդների արտադրությունը մինչև 2002 թ. -ը, հավանաբար, հակադարձ համեմատական է եղել այդ տարածաշրջանի ընդհանուր սառցայնությունից: Հետագա ժամանակահատվածում այս կապը, ըստ երևույթին, փոխվել է և այլևս կայուն կախվածություն չի ցուցաբերում, ինչը կապված է վերը նշված պոպուլյացիայի և Օխոտի ծովի էկոհամակարգի տարածաշրջանային արձագանքների հնարավոր ազդեցության հետ՝ կլիմայի փոփոխության դրսևորմամբ: Առաջարկվում է ստեղծել և փորձարկել նոր «սառույցի հալման ինդեքս», ինչպես նաև Օխոտի ծովի հյուսիսարևելյան մասում սառցային պայմանների առանձնահատկությունները բնութագրող ինդեքս:

A. A. SMIRNOV, S. Yu. SHERSHENKOV, A. M. PANFILOV

THE CONJUGACY OF THE ARCTIC COVER  
AND THE YIELD OF GENERATIONS OF PACIFIC HERRING  
IN THE NORTHERN PART OF THE SEA OF OKHOTSK

Summary

Based on the materials of MagadanNIRO for 1974–2020, the yield of North Okhotsk herring is considered, depending on the ice conditions. It is shown that the yield of herring generations in the Northern part of the Sea of Okhotsk before 2002 was probably inversely related to the total ice cover of this area in the year of generation. In the subsequent period, this relationship seems to have changed and no longer shows a stable dependence, which is associated with the possible influence of regional responses of the above-mentioned populations and the Sea of Okhotsk ecosystem to the manifestation of climate change. The paper proposes the creation and testing of a new “ice melting index” as well as an index characterizing the ice conditions in the Northeastern part of the Sea of Okhotsk.