

АРКТИЧЕСКОЕ РЫБОЛОВСТВО В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И МЕРЫ АДАПТАЦИИ

ARCTIC FISHERIES IN THE CONTEXT OF TRANSFORMATION OF MARINE ECOSYSTEMS UNDER THE IMPACT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE: CURRENT CHALLENGES AND ADAPTATION MEASURES

Мельников С. П.

Melnikov S. P.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

глобальное потепление;
арктические экосисте-
мы; рыболовство; меры
адаптации

KEY WORDS:

global warming; Arctic
ecosystems; fisheries;
adaptation measures

АННОТАЦИЯ

Анализ физических и биологических процессов, происходящих в атмосфере Земли и водах Мирового океана в современный период глобальной климатической изменчивости, свидетельствует о начавшейся глубокой трансформации морских экосистем Арктики, затронувшей практически все ее абиотические и биотические компоненты. Смещение ареалов ряда бореальных и аркто-бореальных видов рыб в область высоких широт способствует формированию устойчивой сырьевой базы и перспективных районов промысла в Северном Ледовитом океане. Потенциальное воздействие изменений климата на арктическое рыболовство будет существенно различаться по

ABSTRACT

The analysis of physical and biological processes in the atmosphere and hydrosphere of the Earth during the present period of global climatic change indicates that an intensive transformation of the Arctic marine ecosystems has begun, affecting almost all of its abiotic and biotic components. The shift of the ranges of a number of boreal and arcto-boreal fish species to high latitudes encourages the formation of a sustainable resource base and promising fishing grounds in the Arctic Ocean. The potential impact of climate change on Arctic fisheries will vary significantly by region and fish population. Along with the observed positive effects of global warming on fisheries develop-

регионам и популяциям рыб. Наряду с отмечаемым позитивным влиянием глобального потепления на развитие рыболовства существенно возрастают и риски, связанные с высокой уязвимостью арктических морских экосистем. Меры по адаптации арктического рыболовства к климатическим воздействиям и возрастающей антропогенной нагрузке должны учитывать потенциальное взаимодействие между рыболовством, окружающей средой и хозяйственно-экономической деятельностью в регионе.

ment, the risks associated with the high vulnerability of Arctic marine ecosystems are also increasing significantly. Measures to adapt Arctic fisheries to climate impacts and increasing anthropogenic load must take into account the potential interactions between fisheries, the environment and economic activity in the region.



Мельников С. П.

доктор биологических наук, начальник отдела многостороннего международного сотрудничества ФГБНУ «ВНИРО», внешний эксперт Счетной палаты Российской Федерации, член экспертного совета ЭЦ «ПОРА».

—
smel66@mail.ru

Melnikov S. P.

Doctor of Biology, Head of the Department of Multilateral International Cooperation of the FGBNU «VNIRO», External Expert of the Accounts Chamber of the Russian Federation, Member of the Expert Council of PORA (Project Office for Arctic Development).

—
smel66@mail.ru

Введение

Арктическое рыболовство вносит важный вклад в экономику целого ряда стран

Активизация хозяйственно-экономической деятельности в Арктике в настоящее время направлена в основном на разведку и добычу нефтегазовых и рудных ресурсов и связанное с этим развитие промышленной инфраструктуры и транспортной логистики. Однако комплексное освоение региона не может быть ограничено только использованием богатого минерально-сырьевого потенциала с учетом его высокой обеспеченности возобновляемыми водными биологическими ресурсами. Арктическое рыболовство вносит важный вклад в экономику целого ряда стран и сохранение традиционного природопользования коренных народов Севера. Около 15% мирового вылова рыб и беспозвоночных приходится на субарктические и арктические морские экосистемы [1].

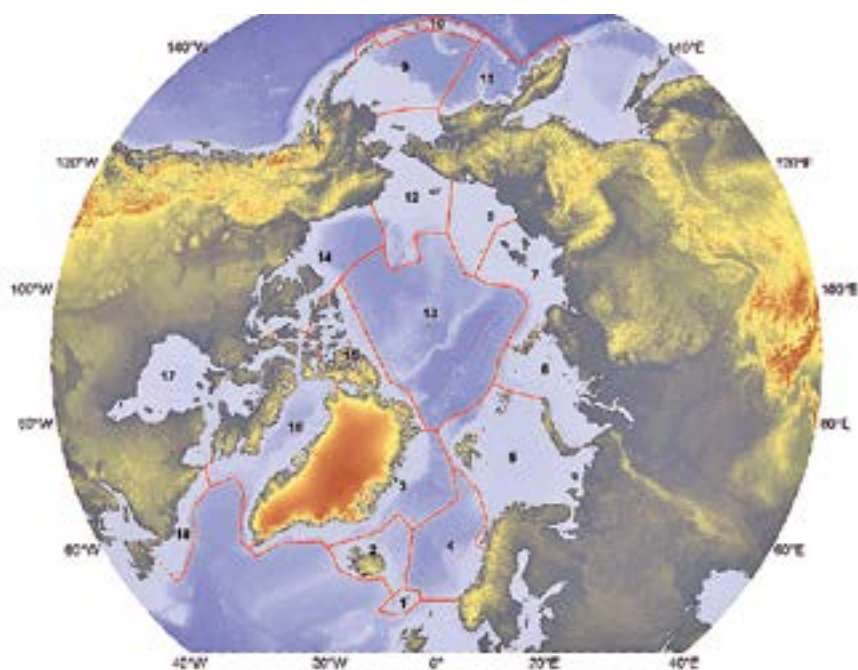
Морская Арктика охватывает в основном акваторию Северного Ледовитого океана с прилегающими морями — Гренландским, Норвежским, Баренцевым, Белым, Карским, Лаптевых, Восточно-Сибирским, Чукотским, Бофорта, Баффина и Линкольна. Все ее морские экосистемы схожи уникальным биоразнообразием, чрезвычайной хрупкостью и уязвимостью к изменениям окружающей среды и антропогенной нагрузке. С целью сохранения и управления биоресурсами Арктики на основе экосистемного подхода Арктическим советом было выделено 18 больших морских экосистем (БМЭ) (рис. 1).

Политика Российской Федерации в отношении арктического рыболовства определена в «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» и «Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» [2; 3]. В соответствии с этими документами в перечень неотложных задач с учетом национальных интересов России входит создание условий для повышения эффективности освоения водных биоресурсов и проведения исследований состояния морских экосистем и глобальных климатических изменений.

Обозначенные в этих стратегических документах задачи приобретают особое значение в связи с отмечающимися климатическими изменениями на планете. Изучение влияния трансформации морских экосистем на арктическое рыболовство в период глобального потепления становится все более актуальным и востребованным. Оценка текущего состояния и перспектив рыболовства необходима для разработки эффективных мер по адаптации рыбохозяйственного комплекса России к воздействию климатических рисков, а также для бережного отношения и рационального использования водных биоресурсов Арктики.

РИС. 1. ГРАНИЦЫ БОЛЬШИХ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ В АРКТИКЕ:

1 — ФАРЕРСКОЕ ПЛАТО; 2 — ИСЛАНДИЯ; 3 — ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ; 4 — НОРВЕЖСКОЕ МОРЕ; 5 — БАРЕНЦЕВО МОРЕ; 6 — КАРСКОЕ МОРЕ; 7 — МОРЕ ЛАПТЕВЫХ; 8 — ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ; 9 — ВОСТОК БЕРИНГОВА МОРЯ; 10 — АЛЕУТСКИЕ ОСТРОВА; 11 — ЗАПАД БЕРИНГОВА МОРЯ; 12 — СЕВЕР БЕРИНГОВА И ЧУКОТСКОГО МОРЕЙ; 13 — ЦЕНТРАЛЬНАЯ АРКТИКА; 14 — МОРЕ БОФОРТА; 15 — КАНАДСКАЯ АРКТИКА — СЕВЕРНАЯ ГРЕНЛАНДИЯ; 16 — КАНАДСКАЯ АРКТИКА — СЕВЕРНАЯ ГРЕНЛАНДИЯ; 17 — КОМПЛЕКС ГУДЗОНОВА ЗАЛИВА; 18 — ЛАБРАДОР-НЬЮФАУНДЛЕНД.



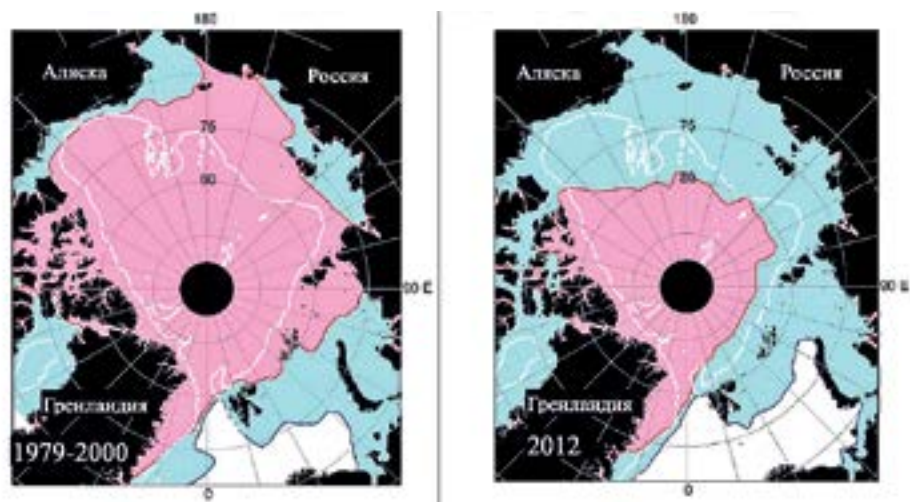
Влияние глобального потепления на окружающую среду и продуктивность арктических вод

Повышение средней температуры воздуха на Земле отмечается с конца XIX века, и скорость этого процесса неуклонно возрастает. При этом Арктический регион нагревается более высокими темпами. С начала XX века при среднем росте температуры воздуха на 1,1 °С этот показатель в Арктике вырос более чем на 2,5 °С. Для характеристики столь стремительного процесса изменения климата в высоких широтах уже введен отдельный термин — «арктическое усиление».

Рост температуры воздуха привел к сокращению площади морского льда в Арктике. С начала 1980-х годов минимальная площадь летнего льда каждые 10 лет сокращалась примерно на 1 млн кв. км. Если в 1980 году площадь льда составляла около 8 млн кв. км, то к 2007 году она сократилась почти вдвое. В сентябре 2012 года был зафиксирован рекордный минимум ледяного покрова — 3,41 млн кв. км (рис. 2) [4].

Повышение средней температуры воздуха на Земле отмечается с конца XIX века, и скорость этого процесса неуклонно возрастает

РИС. 2. ПЛОЩАДЬ МОРСКОГО ЛЬДА С СЕЗОННЫМИ МИНИМУМОМ (РОЗОВАЯ ОБЛАСТЬ) И МАКСИМУМОМ (ГОЛУБАЯ ОБЛАСТЬ) В АРКТИКЕ В 1979–2000 И 2012 ГГ. [4]



Одной из главных причин современного глобального потепления считается рост концентрации в атмосфере Земли парниковых газов, из которых углекислый газ за счет способности поглощать инфракрасное излучение является одним из основных. Мировой океан, поглощая до трети всего выбрасываемого в атмосферу CO₂, сдерживает темпы глобального потепления Земли. С XVIII века кислотность океана увеличилась на 30%. Наиболее интенсивно закисление вод происходит в Арктике, поскольку растворимость газов повышается при низких температурах.

Стремительное потепление тесно связано с отмечаемой в последние десятилетия деоксигенацией вод практически во всех регионах Мирового океана. Пониженная растворимость кислорода в более теплых водах наряду с биогехимическими процессами привела к тому, что уровень кислорода в верхнем 1000-м слое океана в период 1970–2010 годов снизился на 3,3% [5]). Уменьшение растворенного в воде кислорода, когда его концентрация падает ниже 30%, ведет к гипоксии в водных экосистемах — чрезвычайно опасному явлению, оказывающему неблагоприятное воздействие на распространение и воспроизводство морских организмов.

Связанные с глобальным потеплением изменения в окружающей среде играют ключевую роль в трансформации морских экосистем Арктики. Изменения в сроках формирования ледяного покрова и его площади, ведущие к повышению освещенности вод и удлинению вегетационного периода, оказывают влияние на всю трофическую цепь. Раннее таяние морского льда изменяет фенологию весеннего цветения и видовой состав зоопланктона. Происходит сдвиг от крупных и богатых липидами криогенных видов в сторону доминирования мелких и менее питательных видов открытых вод. Все это влияет на эффективность перехода от первичной к вторичной продукции, что крайне важно для арктических рыбных сообществ. Несмотря на то что увеличение первичной продукцией не связано напрямую с ростом рыбопродуктивности, уже сейчас отмечается смещение ареалов многих рыб в Арктику, что ниже будет рассмотрено более подробно.

Изменения в распределении рыбных сообществ Арктики

Ихтиофауна Арктики насчитывает около 250 видов, распространенных в пелагиали и на шельфе окраинных морей Северного Ледовитого океана [6]. Около 30 видов имеют промысловое значение, в их числе треска, минтай, сайда, пикша, черный палтус, сельдь, мойва, скумбрия, морские окуни, камбалы и другие. Наибольшее количество видов (более 200) зарегистрировано в морях Гренландском и Баренцевом. Моря

Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское населяет 50–80 видов, Чукотское и Бофорта — 80–100 видов. В Центральной Арктике из 14 видов сайка и арктическая треска являются ключевыми видами во всей арктической трофической цепи.

Одним из наиболее значимых проявлений трансформации морских экосистем в период глобального потепления является бореализация Арктики, когда биота атлантического и тихоокеанского происхождения смещается в область высоких широт. В отношении рыбных сообществ рост температуры воды и сокращение ледового покрова привели к расширению ареалов бореальных видов рыб в направлении традиционных мест обитания арктических видов.

По результатам проведенных нами комплексных исследований выявлены существенные сдвиги границ ареалов ряда промысловых рыб в Арктике с началом ее потепления [7; 8]. В последние три десятилетия усиление переноса теплых и соленых атлантических вод в Норвежское и Баренцево моря привело к расширению нагульного ареала трески к северу на 4–5° широты (рис. 3). Схожие изменения отмечены и в распределении пикши (рис. 4). В этот же период ареалы таких пелагических видов, как путассу и сельдь, расширились в северо-восточном и юго-западном направлениях (рис. 5, 6).

В конце 2010-х годов была отмечена массовая миграция минтая из Берингова моря на чукотский шельф, в результате чего к 2019 году его запас вырос до 380 тыс. т. Тогда же находящаяся на стабильно низком уровне биомасса горбуши в Чукотском море увеличилась до 231 тыс. т, что также может быть связано с миграциями рыб из Берингова моря [9].

РИС. 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЛЕНИЙ ТРЕСКИ И АНОМАЛИЙ СОЛЕННОСТИ (‰) В 1995–1998 И 2012–2017 ГГ. [8]

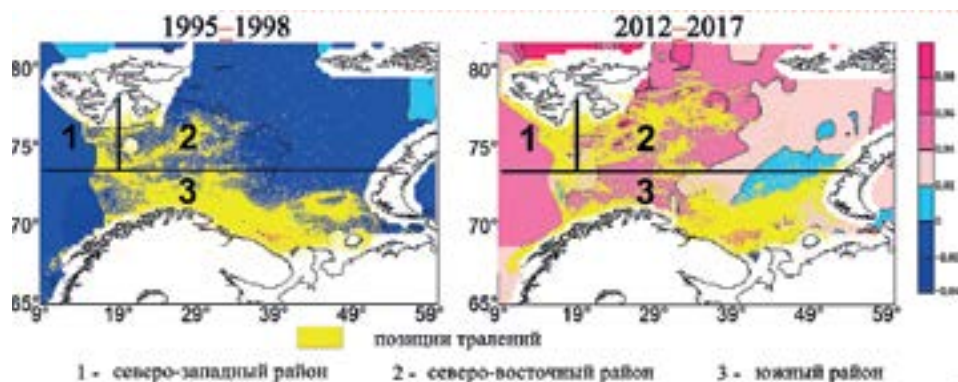


РИС. 4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЛЕНИЙ ПИКШИ И АНОМАЛИЙ СОЛЕННОСТИ (‰) В 1995–1998 И 2012–2017 ГГ. [8]

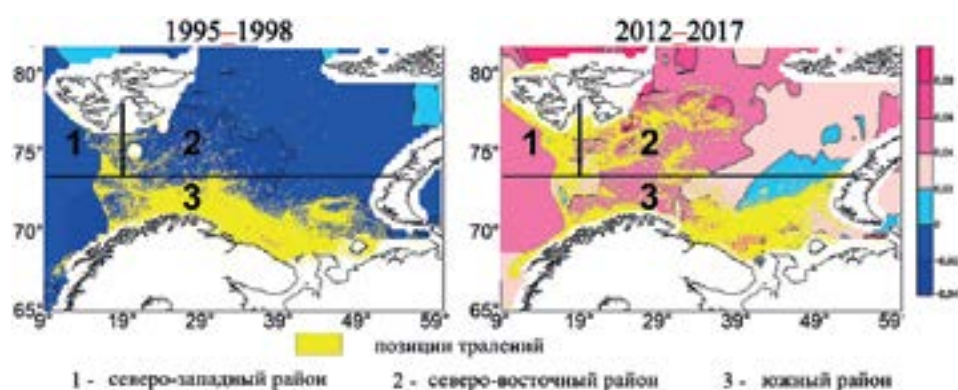


РИС. 5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЛЕНИЙ (ПОЗИЦИИ ПОКАЗАНЫ ЖЕЛТЫМИ КРУЖКАМИ) ПУТАССУ И АНОМАЛИЙ СОЛЕННОСТИ (‰) В 1995 И 2006–2017 ГГ. [8]

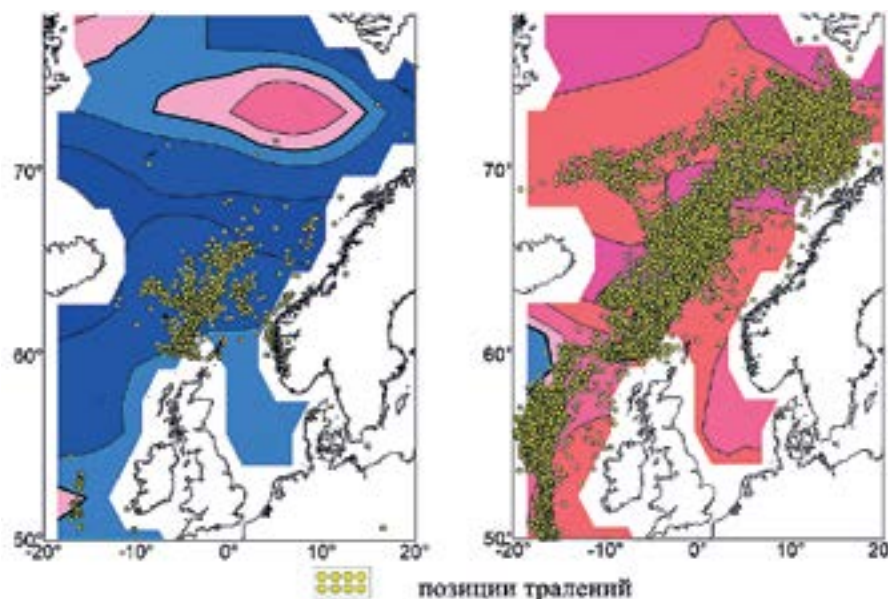
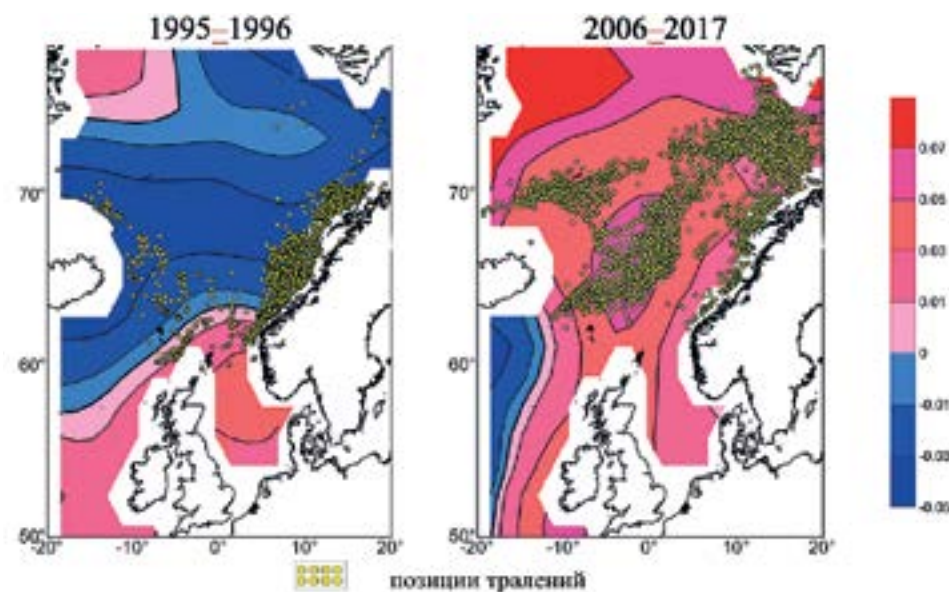


РИС. 6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЛЕНИЙ (ПОЗИЦИИ ПОКАЗАНЫ ЖЕЛТЫМИ КРУЖКАМИ) СЕЛДИ И АНОМАЛИЙ СОЛЕННОСТИ (‰) В 1995 И 2006–2017 ГГ. [8]



Американские исследователи в 2023 году впервые зафиксировали нерест кеты в реках северного побережья Аляски

Стремительное потепление Арктики привело не только к перераспределению популяций рыб в северном направлении, но и смещению районов их воспроизводства. Американские исследователи в 2023 году впервые зафиксировали нерест кеты в реках северного побережья Аляски, впадающих в Северный Ледовитый океан, чего ранее никогда не наблюдалось [10].

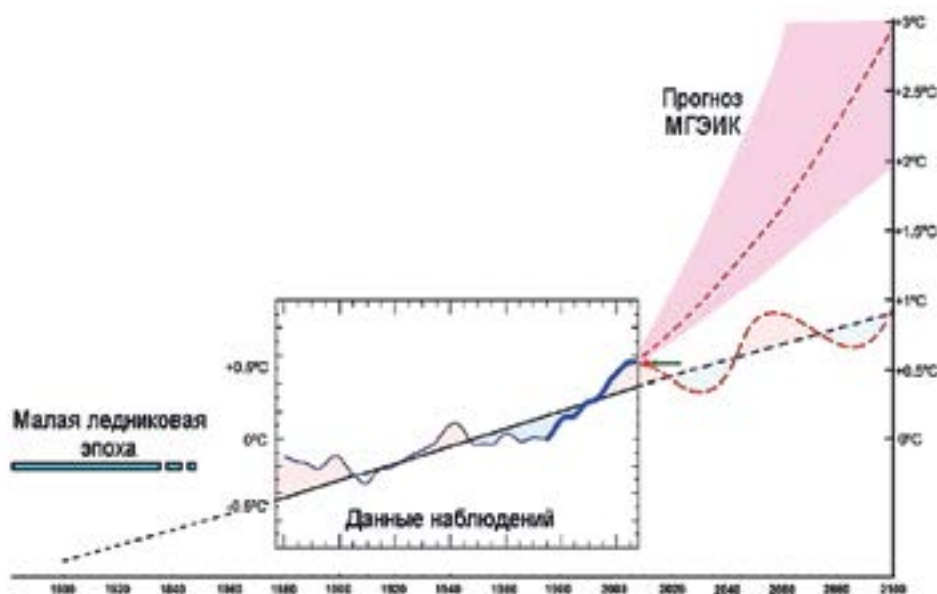
Перспективы рыболовства в Арктике при различных сценариях климатических изменений

Для оценки перспектив арктического рыболовства необходимо всестороннее изучение взаимодействия между климатом и морскими экосистемами. Среди ученых нет единого мнения относительно механизмов, а также темпов и продолжительности нынешнего глобального потепления. С учетом этого целесообразно рассмотреть наиболее вероятные сценарии ожидаемых климатических изменений в Арктике и связанные с ними возможные изменения в распределении запасов рыб и их промысле.

Сценарий 1. Продолжение глобального потепления

Согласно прогнозам межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) и других специалистов, глобальное потепление продолжится и аномалии температуры воздуха к концу столетия достигнут +3 °С, а максимальные темпы потепления будут наблюдаться в Арктике (рис. 7) [11].

РИС. 7. НАБЛЮДАЕМОЕ И ПРОГНОЗИРУЕМОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ПОСЛЕ МАЛОЙ ЛЕДНИКОВОЙ ЭПОХИ В 1800–2100 ГГ. [11]



Уже в ближайшие десятилетия морская Арктика в летний период может быть полностью свободной ото льда

Ожидается, что уже в ближайшие десятилетия морская Арктика в летний период может быть полностью свободной ото льда. По мере нагрева вод произойдет увеличение продукции во многих ее районах, где есть достаточное количество питательных веществ. Комплекс таких изменений может привести к росту рыбопродуктивности и началу масштабного промысла не только на шельфе окраинных морей, но и в центральном бассейне Северного Ледовитого океана.

Однако формирование подходящей среды обитания и наличие доступных пищевых ресурсов еще не являются залогом успешной колонизации арктических морей бореальными видами из сопредельных акваторий. Ключевым фактором массовой миграции рыб в Арктику и возможности их устойчивого промысла является адаптивная способность конкретного вида к потенциальным климатическим изменениям. Разные популяции рыб будут по-разному реагировать на потепление, что повлияет на будущее арктического рыболовства.

В западном секторе Арктики с потеплением вод районы донного промысла трески и пикши в Баренцевом море будут смещаться в северные и восточные районы. Однако особенности топографии морского дна станут естественными ограничителями промысла этих видов, не встречающихся на глубинах более 600 м [7]. До середины столетия условия воспроизводства и промысла трески будут благоприятными. После 2050 года из-за роста температуры воды в районах нереста и увеличения метаболических затрат выживаемость личинок снизится, что негативно скажется на состоянии запаса [12]. Еще раньше такой же негативный эффект может отразиться на успешности пополнения и промысла пикши как более теплолюбивого вида, чем треска.

Высоким потенциалом расширения ареала в северном и восточном направлениях по мере потепления обладает черный палтус

Высоким потенциалом расширения ареала в северном и восточном направлениях по мере потепления обладает черный палтус, способный избегать сезонных низ-

ких температур путем миграции с шельфа на большие глубины. В этих же направлениях можно ожидать смещения ареалов морской щуки, менька и некоторых видов скатов — полярного, ромбового, шипохвостого, звездчатого.

Экологическая пластичность окуня-клювача и способность населять различные биотопы позволяют прогнозировать смещение части скоплений с шельфа Баренцева моря в пелагиаль центральной части Северного Ледовитого океана [13]. Устойчивый и эффективный промысел вида над океаническими глубинами будет возможен летом в период нагула.

Миграция сельди, путассу и скумбрии в Центральную Арктику будет определяться формированием необходимого температурного режима и наличием кормовой базы. Однако масштабный промысел этих видов в арктических водах в ближайшей перспективе маловероятен, поскольку увеличение расстояния между нерестилищами и новыми местами нагула сделают кормовые миграции более энергозатратными и менее эффективными [14].

При сохранении тенденции к потеплению в недалекой перспективе будут сформированы условия хозяйственного освоения дополнительной сырьевой базы не только в Баренцевом море, но и в морях Карском и Лаптевых. Сокращение площади ледового покрова создаст предпосылки для организации здесь промысла черного палтуса, трески, пикши, мойвы, сайки, отдельных видов проходных рыб.

Потепление вод благоприятно скажется на перемещении boreальных видов и их промысле

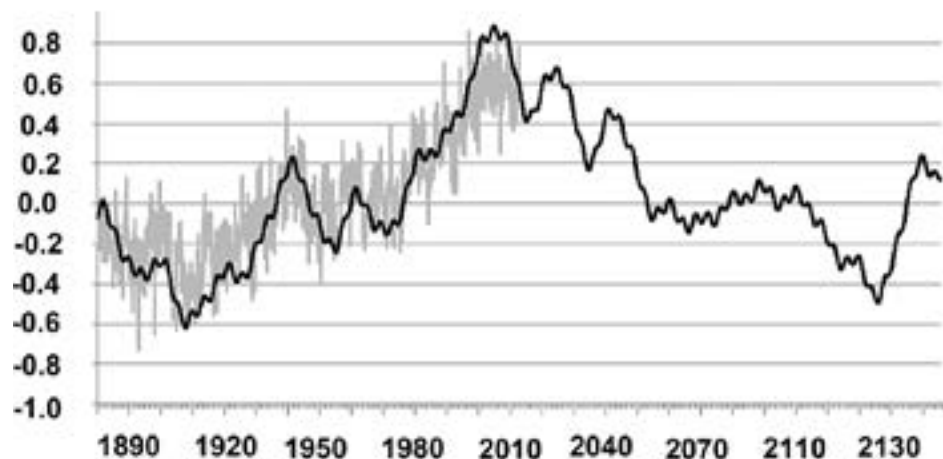
В восточном секторе Арктики топография морского дна и условия окружающей среды не столь благоприятны для миграций рыб из Берингова в Чукотское море и далее. Однако потепление вод благоприятно скажется на перемещении boreальных видов и их промысле. Можно ожидать увеличения промысловых возможностей в Чукотском море за счет массовой миграции минтая из Берингова моря. Перспективы рыболовства будут напрямую зависеть от возможности здесь воспроизводства минтая, в ином случае промысел будет нерегулярным и зависеть от величины миграционных потоков из Берингова моря. Также возможно расширение ареалов в северном направлении и начала масштабного промысла таких видов, как тихоокеанская треска, морской окунь, черный палтус и некоторые камбаловые.

В ближайшей перспективе сокращение ледяного покрова будет способствовать успешности промысла сайки. Вместе с тем ее жизненный цикл тесно связан с морским льдом, используемым в качестве нерестового субстрата и укрытия молоди. Поэтому в долгосрочной перспективе изменение привычной среды обитания приведет к нарушению воспроизводства и снижению пополнения запасов сайки вплоть до их полного коллапса и прекращения промысла.

Сценарий 2. Цикличность климатических изменений

Не все ученые считают, что нынешнее глобальное потепление имеет исключительно антропогенную природу и скоро будет пройдена «точка невозврата» с необратимыми последствиями для наземных и морских экосистем. Данные наблюдений показывают, что скорость фактического повышения температуры поверхности океана с 1982 года была более чем в 1,5 раза ниже, чем по моделям МГЭИК. Было выдвинуто предположение, что современный тренд потепления может быть связан прежде всего с естественными процессами. По данным ряда специалистов, аномалии температуры имеют периодический характер и уже отмечается тенденция к их снижению, когда показатели достигнут самой низкой точки при $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 2111 году (рис. 8) [15].

РИС. 8. АНОМАЛИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ СУШИ В 1880–2013 ГГ. (СЕРЯЯ ЛИНИЯ) И ЗНАЧЕНИЕ АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ В 1880–2146 ГГ. (ЧЕРНАЯ ЛИНИЯ) [15]



Ожидается, что на первую половину 2030-х годов придется начало нового векового минимума солнечной активности

Ожидается, что на первую половину 2030-х годов придется начало нового векового минимума солнечной активности, способствующего похолоданию климата. Накопленный в Мировом океане дефицит солнечной энергии может послужить триггером последующих причинно-следственных эффектов обратной связи, усиливающих похолодание, что приведет к началу фазы глубокого похолодания Малого ледникового периода в 2070 году ± 11 лет [16].

Природные процессы, лежащие в основе колебаний климата, хорошо проявляются в индексе Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО), влияющей на целый ряд климатических характеристик в Северной Америке, Европе и Арктике. По нашим данным, с учетом 60-летней периодичности изменения индекса АМО переход к ее очередной отрицательной фазе и начало периода похолодания произойдут около 2030 года [7].

Конечно, все указанные выше прогнозы по срокам начала и темпам идущего на смену потеплению похолодания климата могут быть существенно откорректированы в зависимости от антропогенного вклада в парниковый эффект. Однако нельзя отрицать важную (возможно, главенствующую) роль природных процессов в управлении климатической системой Земли.

В случае реализации этого сценария тенденции в развитии биологических и климатических процессов в арктических морях сменятся на противоположные, нежели в сценарии 1. Ледовый покров и сезонность его формирования в Северном Ледовитом океане сохранятся, темпы закисления вод снизятся, бореализация ихтиоценов Арктики будет остановлена. Морские экосистемы претерпят трансформацию в направлении вновь преобладания первичной продукции ледовых сообществ. Все это будет сопровождаться постепенным смещением границ ареалов пелагических и донных рыб в обратном направлении и, соответственно, возвращением промысла в традиционные районы.

Меры адаптации арктического рыболовства к текущим и ожидаемым климатическим изменениям

Анализ физических и биологических процессов, происходящих в атмосфере Земли и Мировом океане в современный период, свидетельствует о начавшейся глубокой трансформации морских экосистем Арктики, затронувшей и все их компоненты, в том числе рыбные сообщества. Происходящие изменения, с одной стороны, открывают новые возможности для освоения водных биоресурсов в регионе, а с другой — порождают новые масштабные вызовы.

Потепление вод и сокращение площади ледяного покрова закладывают основы роста рыбопродуктивности в арктических морях. Смещение ареалов бореальных и аркто-бореальных видов рыб в область высоких широт способствует формированию устойчивой сырьевой базы и перспективных районов промысла на шельфе и открытых районах Северного Ледовитого океана.

Однако наряду с позитивными аспектами влияния потепления на развитие рыболовства в Арктике существенно возрастают и риски, связанные с высокой уязвимостью ее морских экосистем. Одним из таких рисков является возрастание угрозы уникальному биоразнообразию арктических морей вследствие изменения среды обитания и роста давления со стороны мигрирующих теплолюбивых видов.

Изменения ареалов рыб вследствие потепления Арктики все чаще будет создавать проблемы в отношении действующих мер регулирования промысла

Изменения ареалов рыб вследствие потепления Арктики все чаще будет создавать проблемы в отношении действующих мер регулирования промысла. В первую очередь это относится к трансграничным запасам, мигрирующим через более чем одну исключительную экономическую зону (ИЭЗ). На практике это означает, что пространственное перераспределение запасов между ИЭЗ прибрежных государств потребует более тесной международной координации в управлении промыслом и пересмотра величин национальных квот вылова.

Масштабное арктическое рыболовство может оказать негативное воздействие на районы и объекты традиционного промысла коренных северных народов, нарушая принцип равноправного доступа к водным биоресурсам.

Рост антропогенной нагрузки на морские экосистемы неизбежно окажет негативное воздействие на рыбные ресурсы Арктики. К стрессовым факторам следует отнести добычу нефтегазовых ресурсов и других полезных ископаемых, судоходство, аварийные загрязнения. С потеплением расширится распространение в северном направлении новых паразитов и заболеваний рыб, а со стоками рек возрастет вынос в арктический бассейн опасных химических веществ, что существенно ухудшит среду обитания промысловых гидробионтов.

Для обеспечения устойчивого развития рыболовства в Арктике необходимо разработать комплекс эффективных мер по его адаптации к климатическим воздействиям и возрастающему антропогенному давлению на морские экосистемы. Адаптационные мероприятия должны учитывать потенциальное взаимодействие между рыболовством, окружающей средой и хозяйственно-экономической деятельностью, основываясь на:

- экосистемном подходе к управлению рыболовством, способствующему устойчивому использованию водных биоресурсов и сохранению арктических морских экосистем на основе наиболее полных научных данных;
- экологическом мониторинге, выполняемом на регулярной основе (оценки изменения под воздействием климата абиотических и биотических факторов окружающей среды, продуктивности, трофических уровней, состояния ихтиоценов);
- оценке распределения и состояния запасов промысловых рыб в Арктике методами прямого учета и математического моделирования;
- данных генетического мониторинга по изменениям в популяционной структуре промысловых рыб Арктики с целью принятия обоснованных управленческих решений;
- разработке комплекса мер по снижению воздействия на арктические морские экосистемы неклиматических стрессоров и в первую антропогенной нагрузки, негативно влияющих на промысловые биоресурсы и среду их обитания;
- расширении международного взаимодействия в области охраны и рационального использования водных биоресурсов Арктики;

- обеспечении равноправного доступа к арктическим водным биоресурсам и возможности ведения традиционного прибрежного и морского рыболовства коренными и малочисленными народами Севера;
- анализе социально-экономических данных для оценки возможных экономических последствий от климатического воздействия на рыбохозяйственный комплекс.

Литература

1. Zeller D., Palomares M. L. D., Tavakolie A., Ang M., Belhabib D., Cheung W. W. L., Lam V. W. Y. Still catching attention: sea Around Us reconstructed global catch data, their spatial expression and public accessibility // *Marine Policy*. — 2016. Vol. 70. — P. 145–152.
2. Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» [электронный ресурс]. — URL — <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (дата обращения — 17.05.2024).
3. Указ Президента РФ от 5 марта 2020 г. № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» [электронный ресурс]. — URL — <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73606526> (дата обращения — 14.05.2024).
4. ICES. Central Arctic Ocean ecoregion — Ecosystem Overview // In: Report of the ICES Advisory Committee. 2021. ICES Advice 2021. Section 2.1. — 16 p.
5. Bindoff N. L., Cheung W. W. L., Kairo J. G., Arhstegui J., Guinder V. A., Hallberg R., Hilmi N., Jiao N., Karim M. S., Levin L., O'Donoghue SPurca Cuicapusa, S.R., Rinkevich B., Suga T., Tagliabue A., Williamson P., 2019: Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [Portner H.-O., Roberts D. C., Masson-Delmotte V., Zhai P., Tignor M., Poloczanska E., Mintenbeck K., Alegrna A., Nicolai M., Okem A., Petzold J., Rama B., Weyer N. M. (eds.)]. — Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. — P. 447–587.
6. Christiansen J., Reist J. Fishes // In: Meltofte, H. (Ed.) 2013. Arctic Biodiversity Assessment. Status and trends in Arctic biodiversity. Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF). — Akureyri, Iceland. — P. 192–245.
7. Кровнин А. С., Мельников С. П., Никитенко А. И., Мурый Г. П. Влияние современных изменений климата на сообщества морских рыб в северо-атлантическом регионе / СПб. Ученые записки РГГМУ. — 2019, № 56. — С. 110–125.
8. Кровнин А. С., Мельников С. П. Современные изменения климата и водные биологические ресурсы: проблемы адаптации и регулирование российского рыболовства // Международная конференция «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования. Климат-2023». Сборник тезисов докладов. — М.: Физматкнига, 2023. — С. 150.
9. Датский А. В. Сырьевая база водных биологических ресурсов в российских водах Чукотского моря и её стоимость // Вопросы рыболовства. — 2023, т. 24 (1). — С. 117–142.
10. Университет Аляски в Фэрбенксе, офиц. сайт [электронный ресурс]. — URL — <https://www.uaf.edu/news/confirmed-salmon-are-spawning-in-arctic>

References

1. Zeller D., Palomares M. L. D., Tavakolie A., Ang M., Belhabib D., Cheung W. W. L., Lam V. W. Y. Still catching attention: sea Around Us reconstructed global catch data, their spatial expression and public accessibility // *Marine Policy*. — 2016, vol. 70. — P. 145–152.
2. The Decree of the President of the Russian Federation of October 26, 2020 № 645 «On the Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period until 2035» [electronic resource]. — URL — <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (accessed date — 17.05.2024) (in Russian).
3. The Decree of the President of the Russian Federation of March 5, 2020 № 164 «On the Basics of State Policy of the Russian Federation in the Arctic for the Period Until 2035» [electronic resource]. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73606526> (accessed date — 14.05.2024) (in Russian).
4. ICES. Central Arctic Ocean ecoregion — Ecosystem Overview // In: Report of the ICES Advisory Committee. 2021. ICES Advice 2021. Section 2.1. — 16 p.
5. Bindoff N. L., Cheung W. W. L., Kairo J. G., Arhstegui J., Guinder V. A., Hallberg R., Hilmi N., Jiao N., Karim M. S., Levin L., O'Donoghue SPurca Cuicapusa, S. R., Rinkevich B., Suga T., Tagliabue A., Williamson P., 2019: Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [Portner H.-O., Roberts D. C., Masson-Delmotte V., Zhai P., Tignor M., Poloczanska E., Mintenbeck K., Alegrna A., Nicolai M., Okem A., Petzold J., Rama B., Weyer N. M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. — P. 447–587.
6. Christiansen J., Reist J. Fishes // In: Meltofte, H. (Ed.) 2013. Arctic Biodiversity Assessment. Status and trends in Arctic biodiversity. Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF). — Akureyri, Iceland. — P. 192–245.
7. Krovnin A. S., Melnikov S. P., Nikitenko A. I., Mury G. P. The influence of modern climate change on marine fish communities in the North Atlantic region / St. Petersburg. Scientific notes of the RGGMU. — 2019, № 56. — P. 110–125 (in Russian).
8. Krovnin A. S., Melnikov S. P. Modern climate change and aquatic biological resources: problems of adaptation and regulation of Russian fisheries // International conference «Climate change: causes, risks, consequences, problems of adaptation and regulation. Climate 2023». Collection of abstracts of reports. — M.: Fizmatkniga, 2023. — P. 150 (in Russian).
9. Datskiy A. V. Raw material base of aquatic biological resources in the Russian waters of the

rivers.php (дата обращения — 24.05.2024).

11. Akasofu S. On the recovery from the Little Ice Age // *Natural Science*. — 2010, v. 2. — P. 1211–1224.
12. Kristiansen T., Stock C., Drinkwater K. F., Curchitser E. N. Mechanistic insights into the effects of climate change on larval cod // *Global Change Biology*. — 2014, vol. 20. — P. 1559–1584.
13. Мельников С. П. Внутривидовая структура окуня-клевача *Sebastes mentella* Атлантического и Северного Ледовитого океанов // *Вопросы ихтиологии*. — 2016, т. 56, № 1. — С. 56.
14. Sundby S., Nakken O. Spatial shifts in spawning habitats of Arcto-Norwegian cod related to multidecadal climate oscillations and climate change // *ICES J. Mar. Sci.* 2008. — Vol. 65. — P. 953–962.
15. Mao Y., Tan J., Chen B., Fan H. The «Ocean Stabilization Machine» May Represent a Primary Factor Underlying the Effect of «Global Warming on Climate Change» // *Atmospheric and Climate Sciences*. — 2019, vol. 9. — P. 135–145.
16. Абдусаматов Х. И. 2023. Двухвековая цикличность мощности солнечного излучения определяет изменение климата // *Международная конференция «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования. Климат-2023»*. Сборник тезисов докладов. — М.: Физматкнига, 2023. — С. 20.
- Chukchi Sea and its cost // *Questions of fishing*. — 2023, vol. 24(1). — P. 117–142 (in Russian).
10. University of Alaska Fairbanks, officer. site [electronic resource]. — URL — (<https://www.uaf.edu/news/confirmed-salmon-are-spawning-in-arctic-rivers.php>) / (accessed date — 24.05.2024).
11. Akasofu S. On the recovery from the Little Ice Age // *Natural Science*. — 2010, vol. 2. — P. 1211–1224.
12. Kristiansen T., Stock C., Drinkwater K. F., Curchitser E. N. Mechanistic insights into the effects of climate change on larval cod // *Global Change Biology*. — 2014, vol. 20. — P. 1559–1584.
13. Melnikov S. P. Intraspecific structure of the beaked redfish *Sebastes mentella* of the Atlantic and Arctic oceans // *Problems of ichthyology*. — 2016, vol. 56, № 1. — P. 56 (in Russian).
14. Sundby S., Nakken O. Spatial shifts in spawning habitats of Arcto-Norwegian cod related to multidecadal climate oscillations and climate change // *ICES J. Mar. Sci.* — 2008, vol. 65. — P. 953–962.
15. Mao Y., Tan J., Chen B., Fan H. The «Ocean Stabilization Machine» May Represent a Primary Factor Underlying the Effect of «Global Warming on Climate Change» // *Atmospheric and Climate Sciences*. — 2019, vol. 9. — P. 135–145.
16. Abdusamatov Kh. I. Bicentennial cyclicity of solar radiation power determines climate change // *International conference «Climate change: causes, risks, consequences, problems of adaptation and regulation. Climate 2023»*. Collection of abstracts of reports. — М.: Физматкнига, 2023. — P. 20 (in Russian).