

МОРСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ, БИОРЕСУРСЫ И ГЛОБАЛЬНЫЙ КЛИМАТ В XXI ВЕКЕ

Д-р биол. наук, проф. С.А. Патин – ВНИРО

На пороге XXI в. все чаще и настойчивее посещает нас желание заглянуть в приоткрывающуюся дверь нового тысячелетия. Подобное желание усиливается еще и потому, что буквально на глазах одного поколения людей мир и природа стали меняться с угрожающей быстротой, явно обгоняя осознание этих перемен и вызывая опасения по поводу нашей готовности реагировать на глобальные экологические проблемы. Среди них особое место занимают вопросы крупномасштабных и устойчивых климатических изменений, в том числе и, в первую очередь, тех из них, которые инициированы антропогенным нарушением химического состава атмосферы. Мировая озабоченность по этому поводу и готовность к превентивным мерам зафиксированы в документах Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) и в Рамочной конвенции ООН об изменении климата (1992 г.), одобренной на этой конференции большинством стран.

Научная литература, посвященная анализу причин и возможных последствий выбросов в атмосферу диоксида углерода, метана и других парниковых газов, достаточно разнообразна и внушительна. Общий, и главный, вывод из большинства исследований в этой области состоит в том, что будущее планетарного климата зависит от роста концентраций парниковых газов в атмосфере, поглощающих тепловое излучение Земли и повышающих ее температуру. Сопутствующие эффекты глобального потепления и истощения озонового слоя могут привести к биосферным аномалиям и негативным последствиям во многих частях мира.

Вместе с тем нельзя не отметить, по меньшей мере, два обстоятельства, четко просматривающихся на общем фоне известной сейчас мировой научной информации по данной проблеме и которые следует иметь в виду в контексте ее рыбохозяйственного анализа.

Первое из этих обстоятельств связано с большой неопределенностью и широким разбросом оценок возможных последствий парникового эффекта (глобального потепления), включая его временные и пространственные параметры, характер и масштабы проявлений в разных природно-климатических зонах, баланс положительных и отрицательных изменений для разных стран и регионов.

Второе обстоятельство, которое вполне очевидно даже при беглом знакомстве с научной литературой по данной проблеме, состоит в том, что основное внимание пока уделяется оценке и прогнозу последствий климатических изменений для наземной биоты, тогда как широкие целенаправленные исследования, ориентированные на поиски ответов о возможных перестройках морских экосистем и промысловых биоресурсов в условиях грядущих **антропогенных аномалий** глобального климата, до сих пор почти не проводились. Большинство известных работ посвящены в основном анализу **естественной цикличности** морских экосистемных процессов и состояния рыбных запасов в условиях переменного, но не нарушенного человеком климата.

При всей противоречивости и неопределенности известных в данной области материалов нельзя не признать сам факт фундаментальной обусловленности и зависимости всех биопродукционных процессов в морских экосистемах от динамики климатических факторов (прежде всего от температуры) и неизбежность существенных перестроек биоресурсов океана в ответ на антропогенные аномалии глобального климата. Было бы странно не попытаться оценить характер и направленность таких изменений, которые могут привести в ближайшие десятилетия к принципиально новой ситуации для рыбного хозяйства и промысла.

Общее представление о сложности, многовариантности и опосредствованности климатических воздействий на морские биоресурсы можно получить по схеме на рис. 1. Меняющийся (в основном циклически флуктуирующий) под воздействием естественных и антропогенных факторов климат прямо и прежде всего влияет на физические условия в океане, которые определяют главным образом его термический режим и отражаются затем на структурных и функциональных параметрах морских экосистем. Это в свою очередь приводит к тем или иным перестройкам в численности, распределении и запасах промысловых рыб и других организмов на фоне их промыслового изъятия. Возможны также и прямые воздействия климатических факторов (помимо температуры) на популяции и сообщества промысловых видов, например в результате изменения атмосферного давления или солнечной активности, однако о роли и механизмах подобных воздействий пока мало что известно.



Упрощенная схема все же дает некоторые ориентиры для понимания сути явлений и направления исследовательского поиска в рамках обозначенной проблемы. Вполне очевидно, что здесь необходим системный, поэтапный подход, в основе которого лежит представление о крайне сложной и многосвязной цепи событий, начинающихся с изменения химического состава атмосферы и завершающихся откликами на уровне ихтиофауны. Подобно тому, как океан является составной функциональной частью глобальной климатической системы, так и ихтиофауна представляет собой неотъемлемый компонент морских экосистем. Отсюда следует, что для понимания обусловленных климатом изменений в биоресурсах океана мы должны последовательно пройти через все ключевые звенья упомянутой выше цепи (см. рис. 1), рассмотрев три главных блока процессов и явлений в пределах соответственно глобальной климатической системы, физико-географического режима океана и его регионов и, наконец, в морских экосистемах. При этом надо подчеркнуть, что при решении данной проблемы речь может идти не о каких-либо строгих количественных расчетах и моделировании (на наш взгляд, сегодня это в принципе невозможно), а лишь о попытках поиска тенденций (трендов) изменения структуры и численности популяций массовых видов промысловых морских организмов при тех или иных предполагаемых климатических аномалиях, связанных в основном с повышением температуры и подъемом уровня моря. В качестве ориентира при таких поисках могут служить имеющиеся сейчас, хотя и весьма противоречивые, данные о долгосрочных изменениях численности морских и проходных рыб под влиянием естественной цикличности климатических процессов.

К числу основных констатаций, которые можно принять в качестве исходной базы для долговременных эколого-рыбохозяйственных прогнозов, относятся следующие основные выводы, вытекающие из всей совокупности известных материалов в области глобальной климатологии и экологии:

1. В результате хозяйственной деятельности (развитие

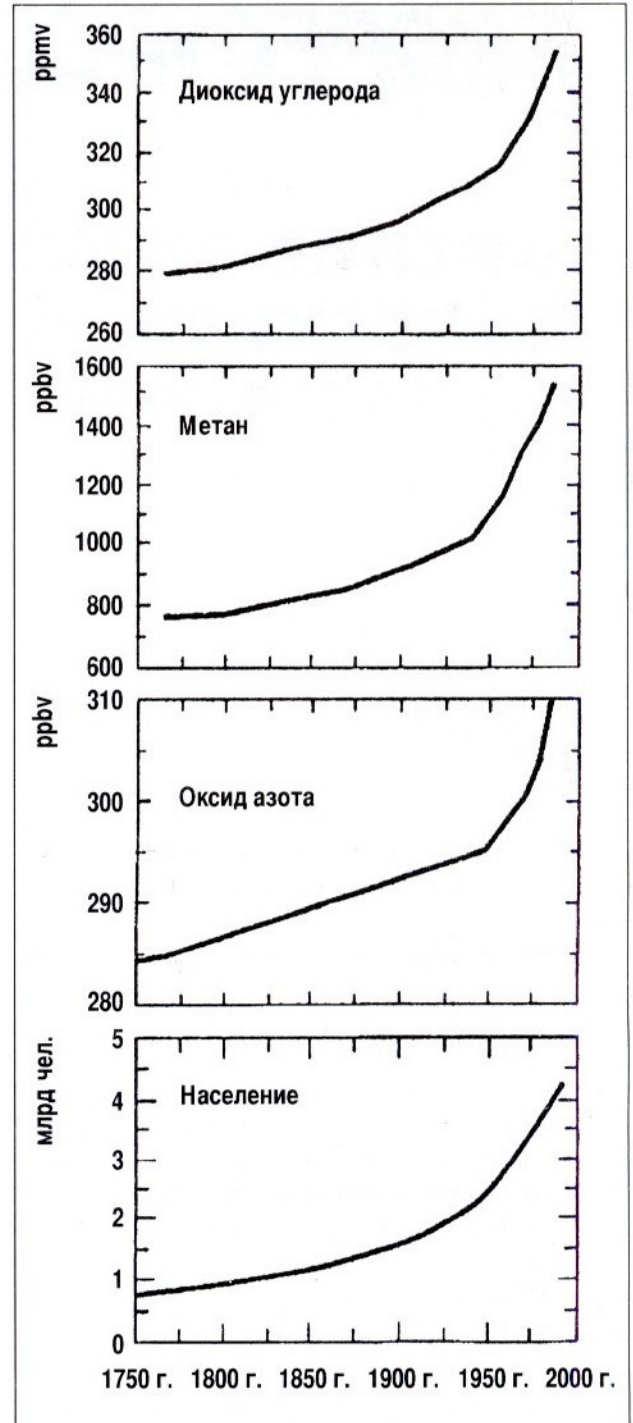


Рис. 2. Изменения концентрации парниковых газов в атмосфере (ppbv, ppmv – концентрации в миллиардах и миллионах частей) и численности населения Земли (млрд чел.) с 1750 г.

энергетики, индустрии и сельского хозяйства, сжигание древесины и ископаемого топлива, вырубка лесов и др.) в течение последних 100 лет атмосфера постепенно обогащается избыточными количествами газовых примесей (диоксид углерода, метан, оксиды азота, хлорфторуглероды), влияющих на радиационный баланс Земли и сдвигающих его в сторону накопления тепла в нижней тропосфере. О динамике этого процесса для отдельных парниковых газов можно судить по графикам на рис. 2 (Котляков, 1995).

2. Палеоэкологические реконструкции и численные модели климата свидетельствуют о высокой корреляции содержания

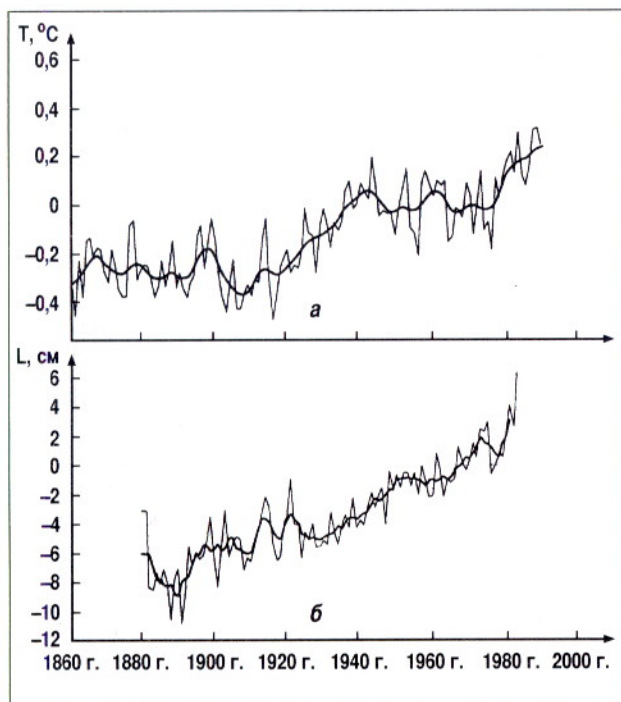


Рис. 3. Изменения глобальной температуры (а) и уровня моря (б) за последние 130 лет

диоксида углерода в атмосфере с приземной температурой воздуха (ПТВ), что явилось одной из главных причин вариации климата на протяжении последних тысячелетий и в геологических масштабах времени. Амплитуды устойчивых изменений среднеглобальной ПТВ в разные периоды и эпохи колебались в пределах 1–5 °С и определялись как внутренней изменчивостью климатической системы, так и внешними факторами, связанными с параметрами земной орбиты, солнечной активности и др.

3. Несмотря на межгодовые и междекадные колебания в масштабах Земли в течение последних 100 лет, ПТВ показывает заметный положительный тренд с суммарным приростом около 0,5 °С (рис. 3). Особенно быстрые подъемы ПТВ зафиксированы для умеренных и высоких широт Северного полушария, где отмечены повышения температуры за 20–25 лет в пределах 1,5–4,0 °С. Эти и другие подобные эффекты, скорее всего, обусловлены природной цикличностью, хотя есть данные и мнения об их связи с начальной фазой наступающего глобального потепления (Будыко, 1991; Graham, 1995).

4. Большинство известных количественных оценок приводит к выводу о том, что при удвоении концентрации диоксида углерода в атмосфере к 2050 г. среднеглобальное повышение ПТВ окажется в пределах 1,5–4,5 °С, а температура поверхностных вод океана увеличится на 2–4 °С, причем наиболее надежные оценки приходятся на нижнюю половину указанных диапазонов. Численное моделирование и особенно палеорекострукции показывают усиление парникового эффекта с ростом географической широты и его наиболее контрастные проявления в арктических районах, где ожидается

снижение ледового покрова, по разным оценкам, в пределах до 1,5–5,0 раз.

5. В течение последних 100 лет уровень Мирового океана заметно повышался и вырос в среднем на 15–17 см (см. рис. 3). К середине следующего столетия за счет таяния ледников и теплового расширения морских вод прогнозируется дальнейшее повышение уровня океана на 30–90 см, причем наиболее быстрые и выраженные последствия этого эффекта будут проявляться в высоких широтах.

6. Все эти изменения будут происходить постепенно в виде нарастающих со временем трендов на фоне природной динамики и цикличности глобальной климатической системы, которые могут перекрывать, усиливая или ослабляя, эффекты антропогенной природы.

Несмотря на известные трудности и ограничения в области глобального прогнозирования, большинство специалистов признают высокую вероятность достаточно быстрых антропогенных климатических аномалий в ближайшие десятилетия и, как следствие, необходимость углубления исследований в этой области с целью обоснования стратегии превентивных и адаптивных мер на национальном и международном уровнях.

Приведенные выше данные, а также целый ряд других опубликованных материалов дают основания для ориентировочной оценки возможных изменений главных климатических параметров для морских регионов России к 2050 г. Такого рода оценки для двух вариантов развития глобального потепления представлены в таблице. В порядке комментария к этому предварительному прогнозу отметим, что наиболее быстрые и заметные последствия антропогенно-индуцированного глобального потепления будут проявляться в морях арктического сектора России (Баренцево, Белое, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря). Шельфовые акватории субарктического пояса и моря Дальнего Востока будут испытывать несколько ослабленные климатические воздействия. В наименьшей степени они проявят себя в бассейнах южных морей, что должно быть связано не только с зональным эффектом ослабления глобального потепления в средних широтах, но и с относительной изолированностью Азовского, Черного и Каспийского морей и доминирующим воздействием на их общий режим многих региональных факторов.

Схематическое отображение последовательности и содержания экосистемных изменений в морских бассейнах в условиях глобального потепления представлено на рис. 4. Все эти изменения проявятся в каждом из морей России, однако ско-

Морские бассейны в пределах шельфа России	Возможные изменения при повышении глобальной ПТВ						
	на 1,5–3,0 °С			на 3,0–4,5 °С			
	$\Delta T, ^\circ\text{C}$		$\Delta R, \text{мм в год}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$		$\Delta L, \text{см}$	
	лето	зима					
Белое море	1–2	2–3	100	30–60	3–5	Более 100	60–90
Арктические моря	2–3	3–5	Более 100	30–60	3–5	>> 100	60–90
Берингово море	1–2	2–3	50	30–60	3–4	50–100	60–90
Акватории шельфа Дальнего Востока	1–2	2–3	50	30–60	2–4	50–100	60–90
Южные моря	0–1	1	50	10–20	1–2	Более 50	20–60

Примечание. ΔT – изменения региональной ПТВ; ΔR – изменения годовых сумм осадков; ΔL – повышения уровня моря. Все изменения даны по отношению к современным значениям соответствующих параметров.



рость, характер и интенсивность подобных проявлений могут быть бесконечными по разнообразию вариаций в зависимости от конкретной комбинации огромного числа самых разных и взаимозависимых факторов.

Как уже отмечалось, наиболее быстрые и радикальные перестройки, вероятнее всего, произойдут в морях арктического и субарктического пояса. Это связано, во-первых, с общей тенденцией усиления парникового эффекта в высоких широтах и, во-вторых, с доминирующей ролью ледового покрова, определяющего весь режим и экологию северных морей и который, судя по известным прогнозам, как раз и послужит главной "мишенью" глобального потепления. Если эти прогнозы сбудутся, то уже к середине следующего столетия вместо покрытых большую часть года льдом арктических морей с характерной спецификой их экологии (сильные пространственно-временные колебания и пульсации биопродуцирования, напряженные пищевые цепи, обедненный видовой состав и др.) возникнут преобразованные морские бассейны другого экологического типа и облика.

Не вдаваясь в детализацию преобразований (см. рис. 4), отметим лишь, что они будут происходить широким фронтом как на западном и восточном флангах арктического шельфа России (путем трансформации общего океанологического режима и экосистем Карского и Чукотского морей в состояние, близкое к современной ситуации соответственно в Баренцевом и Беринговом морях), так и в центральной (сибирской) части арктического шельфа. Ослабление ледового покрова и тем более сильный сдвиг границы распространения льдов к северу при одновременном нарастании речного стока (как за счет повышения суммы осадков, так и в результате таяния в зоне вечной мерзлоты) приведет к резкой активизации буквально "замороженного" сейчас биопродукционного потенциала всех морей арктического шельфа и к фундаментальной перестройке их экосистем. Параллельно, хотя и с некоторым запозданием, будут происходить соответствующие изменения в ихтиофауне, которые начнутся, скорее всего, на западном и восточном краях шельфа в результате миграционной экспансии холодноводных видов из Баренцева и Берингова морей с последующим расширением ареалов обитания на весь шельф.

Видовой состав промысловой ихтиофауны северных морей будет формироваться также за счет повышения численности немногих местных видов рыб арктического комплекса (в основном тресковых и камбаловых). Одновременно по мере усиления речного стока, выноса биогенов и отступления льдов должна возрасти роль приустьевых участков и всей прибрежной зоны шельфа как области нагула проходных и полупроходных рыб. Особенно ощутимо это будет проявляться в мелководных морях – Восточно-Сибирском и Чукотском, средняя глубина которых составляет всего 45 м. Однако и в Карском море, хотя и более глубоком (средняя глубина около 130 м), возможна резкая активизация продуцирования фауны полупроходных и проходных рыб, поскольку это море имеет исключительно мощный материковый сток (1300 км³ в год) Оби, Енисея и других рек. Надо учесть также соседство Карского моря с высокопродуктивным Баренцевым и возможность быстрого расселения баренцево-морских видов на восток, что может быть также дополнено расширением ареалов некоторых видов проходных рыб (например, атлантического лосося) из бассейнов р. Печоры и Белого моря.

Особенно быстрые и заметные экологические последствия парникового эффекта могут проявиться в бассейне Белого моря из-за его относительной мелководности, мощного речного стока и возможности резкой активизации биопродукционных процессов в случае смягчения суровых и доминирующих сейчас климатических условий арктического типа. Что касается Баренцева моря, то его обширная акватория и большой объем водных масс, а также приток относительно теплых атлантических вод, – все это должно ослаблять и затушевывать влияние глобального потепления на общий режим и продуктивность Баренцева моря. Вероятнее всего, его роль будет сводиться в основном к поставке аркто-бореальных и бореальных видов и форм атлантической фауны (в том числе ихтиофауны) в прилегающие акватории Белого и Карского морей, а через последнее – и для всего арктического шельфа.

Многое из сказанного выше можно распространить и на Берингово море, которое напоминает Баренцево и по ряду климатических условий (относительная мягченность климата, силь-

ное влияние открытого океана, соседство с типичным арктическим морем), и по общей экосистемной организации (признаки трофической сбалансированности и напряженности пищевых связей, преобладание пелагической трофодинамики над донной, богатство и обилие бореальных и аркто-бореальных форм и др.), и по интенсивности биопродукционных процессов, обеспечивающих высокий уровень рыбопродуктивности и богатые запасы массовых промысловых видов. Учитывая эти особенности, а также большой объем водных масс и глубоководность значительной части Берингова моря, можно предполагать в самых общих чертах, что это море, подобно Баренцеву, если и будет подвержено экосистемным реакциям в результате потепления климата, то они, скорее всего, отразятся на структурных параметрах экосистемы и не проявятся столь четко, как в арктических морях. В будущих сценариях развития событий, инициированных климатом, это море может также сыграть важную роль как своеобразный "питомник" и источник бореальных видов для их экспансии в Чукотское море и далее на весь арктический шельф.

Обращаясь к южным морям России, надо отметить, что здесь едва ли стоит ожидать каких-либо положительных сдвигов в состоянии их экосистем и биоресурсов по мере развития "парникового" потепления в этой широтной зоне. Скорее, наоборот – есть основания прогнозировать как общее ухудшение экологической ситуации в Азовском, Каспийском и Черном морях, так и продолжение давно начавшегося здесь процесса деградации промысловой ихтиофауны, падения запасов и уловов наиболее ценных видов рыб в результате мощного антропогенного пресса на эти моря (огромные сбросы сточных вод, интенсивная промышленная и аграрная деятельность, урбанизация побережий, зарегулирование речного стока и т.д.). Можно не сомневаться, что наложение на эту крайне тревожную экологическую ситуацию дополнительного фактора в виде устойчивого повышения температуры даже в пределах 1–2 °С лишь усугубит эту ситуацию за счет повышения частоты заморных явлений, усиления эвтрофирования, инвазии вселенцев и др.

Итак, наиболее радикальные и положительные с рыбохозяйственной точки зрения последствия парникового эффекта должны проявиться в северных морях России. Количественные оценки возможного повышения их рыбопродуктивности крайне затруднены из-за отсутствия многих исходных данных, и прежде всего сведений об экологической емкости этих морей, т.е. их способности поддерживать кормовыми ресурсами запасы и численность промысловых видов. Если принять в качестве первого приближения, что на первом этапе потепления (в ближайшие десятилетия) в морях Арктики установится биопродукционный режим, сходный с тем, что существует сейчас в Карском море, то с учетом известных соотношений продукции рыб и кормовых организмов для Карского и Баренцева морей (Матишов, Дробышева, 1994) и данных о рыбных запасах и уловах в Баренцевом море можно ожидать, что среднегодовая биомасса только пелагических рыб на арктическом шельфе России (площадью 3,1 млн км² без Баренцева моря) составит 10–30 млн т, а вероятный вылов – до 1,5–2,0 млн т в год. К этому надо добавить возможное обогащение и повышение продукции бентоса на шельфе этих морей с соответствующим кормовым обеспечением тресковых, камбаловых и других рыб бентали с годовой

продукцией демерсальных рыб до 3–5 млн т. О реальности расширения ареала баренцевоморских рыб аркто-бореального комплекса в восточном направлении свидетельствуют известные факты смещения границ распределения промысловых скоплений трески в периоды потепления далеко на восток – вплоть до Новой Земли.

Серьезные и позитивные изменения могут произойти на восточном фланге арктического шельфа, где уже сейчас отмечены случаи массовой миграции некоторых видов рыб (в основном минтая) через Берингов пролив в Чукотское море в периоды потеплений и сдвига границы льдов к северу. Из-за суровости ледовых условий в районе Берингова пролива здесь до 1971 г. никогда не наблюдали появления минтая к северу от пролива. Однако начиная с 1976 г., когда произошло заметное потепление и смягчение ледового режима на шельфах Берингова и Чукотского морей, минтай начал проникать через Берингов пролив, и его регулярно обнаруживали в массовых количествах в Чукотском море в 1976–1991 гг. Похоже, что начавшаяся еще в 70-е годы в Беринговом море экспансия минтая в северном направлении (Strickland, Sibley, 1984) достигла Чукотского моря и в случае нарастающего потепления в этом регионе есть основания ожидать расширения ареала обитания минтая на шельфе Чукотского моря, а затем, возможно, и в пределах Восточно-Сибирского моря.

В качестве дополнительных доводов в пользу вероятности этого процесса следует отметить благоприятные трофические условия для минтая в Чукотском море, сходство этих условий с теми, что существуют в юго-восточной части Берингова моря, где происходит его активный нагул, и, наконец, факт обнаружения в Чукотском море "оседлых" группировок минтая, которые не возвращаются снова в Берингово море (Echeverria, 1995). Если учесть, что площадь шельфа Чукотского и Восточно-Сибирского морей в 1,5 раза превосходит протяженность шельфа Берингова моря, то в случае успешного вселения минтая только на шельфы двух ближайших арктических морей его биомассы могут достигнуть здесь величин порядка 15–20 млн т с допустимым ежегодным выловом до 5 млн т.

При всей условности и неизбежной огрубленности такого рода оценок и сценариев они все же дают определенное представление о масштабности и радикальности возможных перестроек в экосистемах и ихтиофауне наших арктических морей, которые даже при самых осторожных климатических прогнозах могут резко повысить свой рыбопродукционный потенциал (до 30–40 млн т по биомассе основных промысловых видов и до 10 млн т суммарного вылова) и стать ареной интенсивного рыболовства. Это возможно лишь в том случае, если Северный Ледовитый океан перестанет быть "ледовитым", хотя бы в пределах его прибрежного шельфа.

В заключение остается еще раз подчеркнуть, что антропогенные изменения климата могут стать в ближайшие десятилетия мощным фактором преобразования морских экосистем и биоресурсов на шельфе России. У нас осталось не так уж много времени, чтобы разобраться в этой сложной многоплановой проблеме, понять суть грядущих климатических перемен для экологии и биогеографии наших морей и оценить их последствия с позиций стратегии рыбохозяйственной и природоохранной деятельности в XXI в.