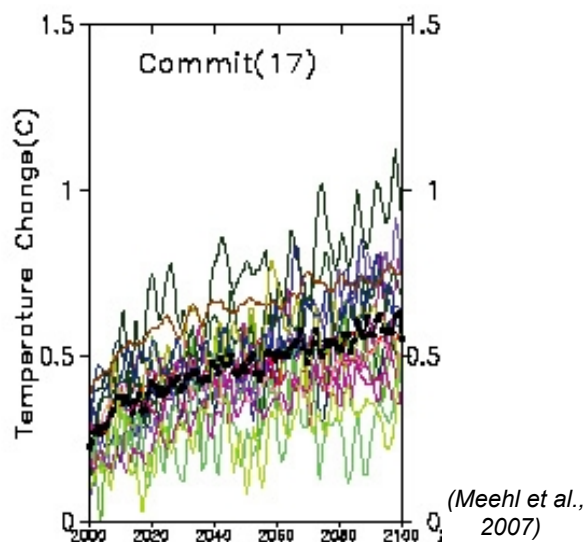
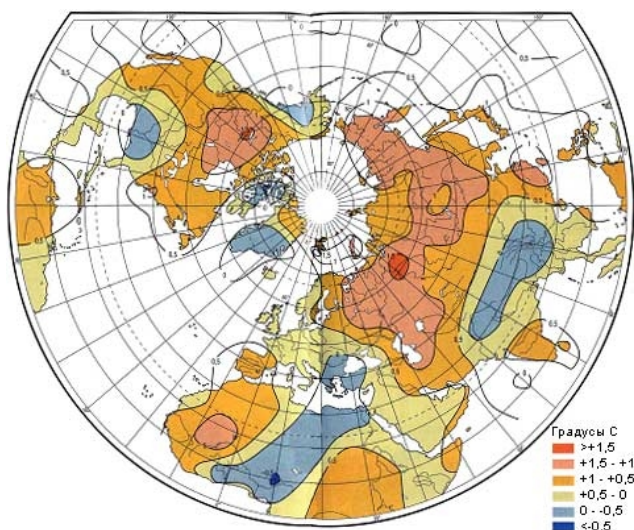


Влияние изменений климата на морские биоресурсы

Мы живём в эпоху быстрых изменений климата Земли. Межгодовые и междесятилетние колебания климатических условий то в одну, то в другую сторону уже более века происходят на фоне однонаправленной тенденции, которая наиболее ярко проявляется в повышении средней по земному шару температуры в приземных слоях атмосферы и на поверхности океана и поэтому называется "глобальным потеплением". Ниже на графике показаны изменения приземной температуры воздуха между периодами 1901-1930 и 1970-1999 гг. Можно видеть, что в XX столетии на большей части северной Пацифики рост температуры превысил 1°C. Эта тенденция особенно усилилась в последние десятилетия. Хотя прогнозы, сделанные по разным климатическим моделям, сильно расходятся, все они предсказывают дальнейший рост температуры и в XXI веке. По средней по 17 разным моделям оценке (чёрная линия на след. графике), к 2050 г. температура вырастет ещё на 0,5°C.

Поскольку морские экосистемы тесно зависят от условий среды, можно ожидать, что изменение этих условий оказывает существенное влияние на гидробионтов, в том числе промысловые виды. Весной 2010 г. эта проблема обсуждалась на международном симпозиуме "Влияние изменений климата на морские биоресурсы и рыболовство" в г. Сендай (Япония), который выработал рекомендации по учёту возможных последствий изменений климата для рыболовства и стратегию дальнейшего изучения процессов изменений в морских экосистемах под действием изменений климата.



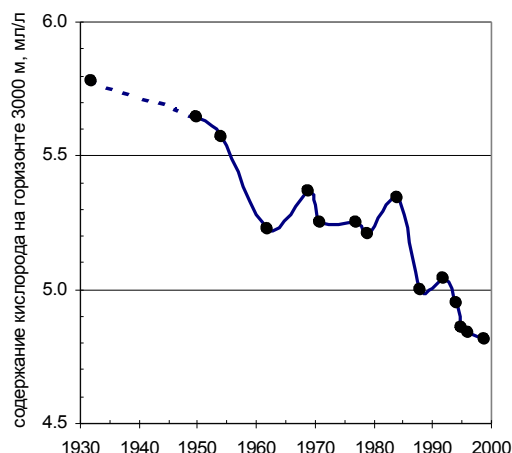
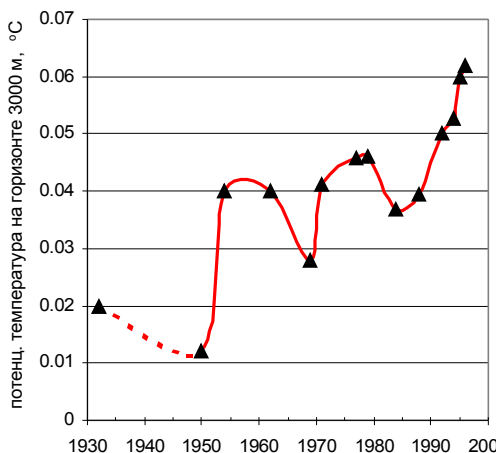
Влияние глобального потепления на среду обитания морских гидробионтов

Глобальное потепление оказывает неодинаковое воздействие на различные регионы Мирового океана, разные слои океана, а также на разные параметры морских вод. Поэтому первая задача, которая должна быть решена при оценке влияния глобального потепления на морские биоресурсы, – понять, как глобальные климатические процессы проявляются в конкретных районах, на конкретной глубине и именно для тех параметров среды, которые важны для морских организмов. Пока такое понимание существует лишь для отдельных регионов, например для Берингова и Японского морей.

В Беринговом море, помимо роста температуры воды, глобальное потепление ведёт к уменьшению ледовитости и, следовательно, меньшему распреснению вод весной при таянии льда. В результате весеннее "цветение" смещается на более поздние сроки, что неблагоприятно для развития крупного зоопланктона.

В Японском море глобальное потепление влияет в основном на зимние процессы, но результаты такого влияния проявляются в глубинных слоях в течение всего года. Повышение температуры воды здесь, наоборот, способствует росту биомассы крупного зоопланктона, однако ведёт к уменьшению содержания кислорода, особенно в придонном слое моря (см. рис. внизу).

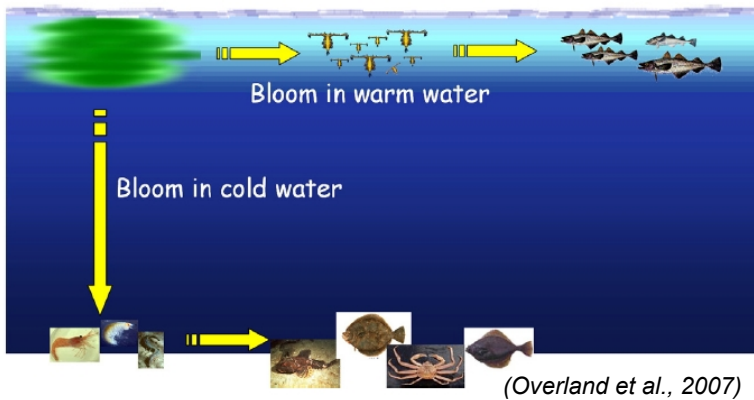
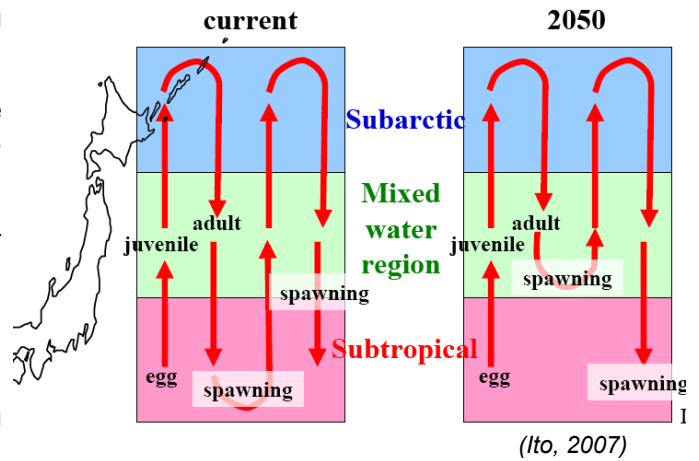
В других регионах важными последствиями глобального потепления могут быть также усиление тёплых течений, усиление стратификации и уменьшение толщины верхнего перемешанного слоя моря, уменьшение щёлочности морской воды (ацидификация).



(Зуенко, 2008)

Влияние глобального потепления на морские организмы

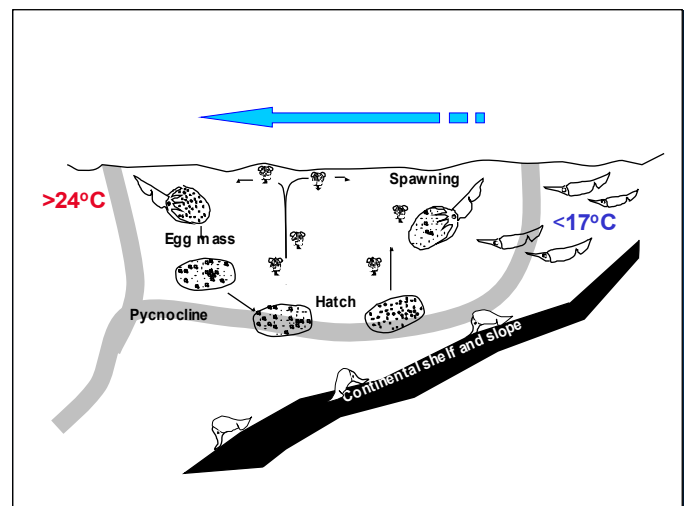
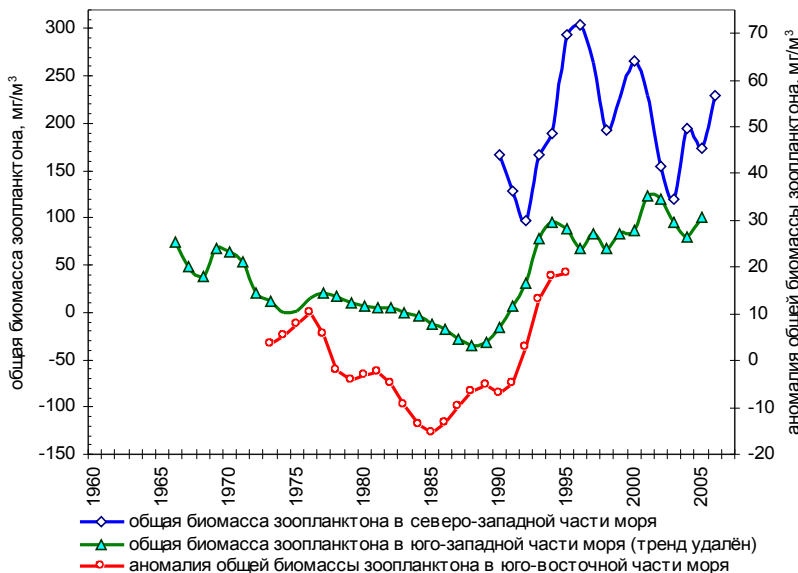
Поскольку скорость многих физиологических процессов в морских организмах определяется температурой, первым следствием изменений условий среды становится смещение сроков сезонных явлений, например сроков нереста рыб. Происходят также смещения путей миграций и районов нереста. Так, в результате потепления в Японском море нерест наваги смещается на более ранние сроки, из-за уменьшения площади "холодного пятна" на восточно-беринговоморском шельфе нагульные миграции минтая, палтуса и крабов удлиняются, а из-за роста температуры к востоку от Японии нерестилища сайры расширяются (см. рис. справа). Эти сдвиги существенно влияют на успех воспроизводства, в результате чего меняется численность популяций и их промысловый запас. Причём в новых условиях связи между условиями среды и состоянием популяций, выявленные для "нормального" режима, могут нарушиться, как это уже случилось с беринговоморским минтаем.



В Беринговом море потепление, из-за которого весеннее "цветение" сдвигается на более поздние сроки, неблагоприятно для большинства донных рыб и беспозвоночных, а воспроизводство минтая в таких условиях более успешно (см. схему слева). Однако при этом из-за обеднения кормовой базы в популяции минтая усиливается каннибализм, поэтому, несмотря на высокую численность молоди, высокочисленные поколения минтая в таких условиях сформироваться не могут.

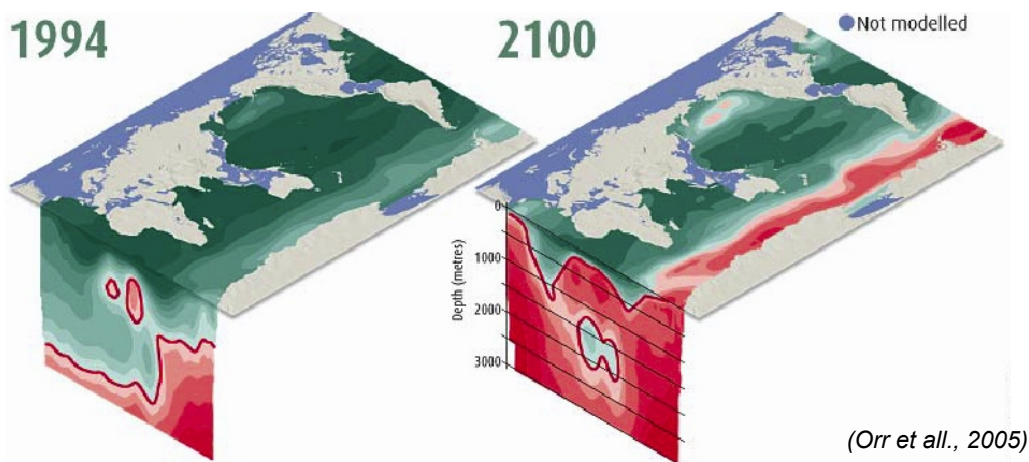
Другим важным аспектом влияния глобального потепления на популяции рыб и беспозвоночных является биопродуктивность. Усиление стратификации, ослабление конвекции, уменьшение толщины верхнего перемешанного слоя, ослабление ветров и уменьшение ледовитости способствуют снижению объёмов первичной продукции океана. Однако не следует ожидать прямого эффекта такого снижения на урожайность промысловых популяций, которая определяется не столько первичной продуктивностью, сколько условиями воспроизводства промысловых и кормовых видов.

Ярким примером этому является невиданный рост запасов тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus* в Японском море и СЗТО в последние десятилетия, причиной которого стали рост обилия зоопланктона (см. рис. внизу слева) и благоприятные условия для воспроизводства этого вида, сложившиеся в тёплые зимы с тонким перемешанным слоем (схема которых представлена на рис. внизу справа).

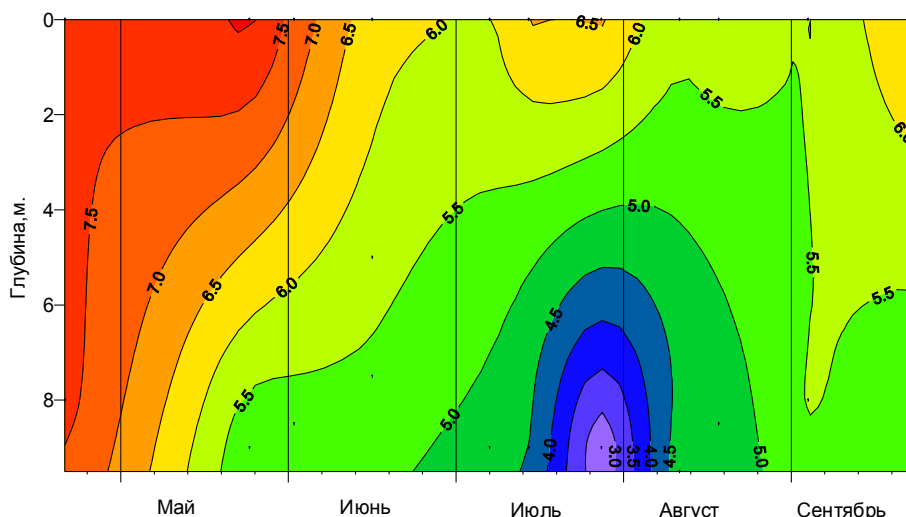


(Sakurai et al., 2000)

Явление ацидификации (за кислнения) океана обнаружено недавно и пока мало изучено. Для морской воды свойственна слабощелочная реакция с постепенным уменьшением pH с глубиной. Глобальное потепление сопровождается ростом содержания в атмосфере углекислого газа, так как вызвано им. В результате реакции CO_2 с морской водой в воде растёт концентрация ионов H^+ (т.е. водородный показатель pH уменьшается). Это опасно прежде всего для морских организмов с наружным скелетом на основе карбоната кальция (двусторчатые и брюхоногие моллюски, птероподы, кораллы и др.), которые в условиях кислой среды (низкой pH) не могут сформировать свои скелеты, что приводит к нарушениям в их развитии, последствия которых пока не ясны. Считается, что при pH ниже 7,5 формирование кальцитовых и арагонитовых скелетов будет невозможным. В поверхностном слое океана за полуторавековой период наблюдений pH понизилась примерно на 0,11 и сейчас составляет в среднем 8,10, что, казалось бы, далеко от опасной черты, однако на глубинах сотен метров pH составляет 7,6-7,7, а в последние десятилетия скорость снижения pH возросла до 0,02/10 лет. При таких темпах зона с pH ниже опасного уровня (на рис. внизу обозначена красным) к 2100 г. займёт большую часть толщи вод океана.



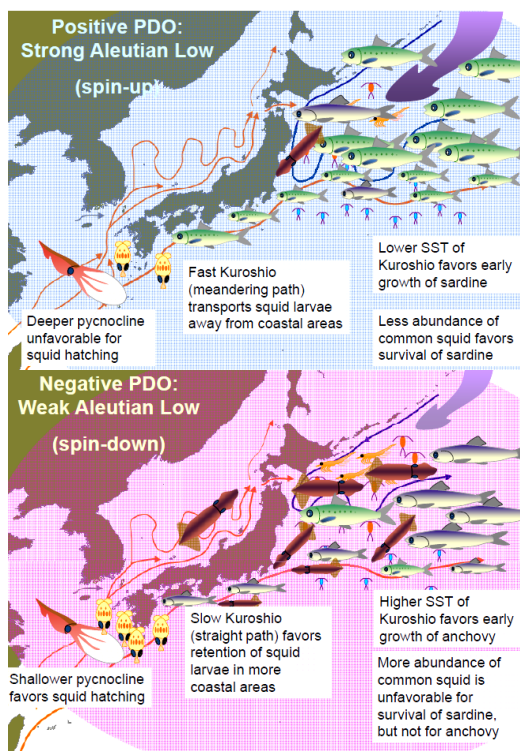
Новейшие исследования показывают, что важным фактором влияния глобального потепления на морские организмы может стать снижение содержания растворённого в воде кислорода. Раньше этому фактору не уделялось особого внимания, так как массовые виды рыб и беспозвоночных, как правило, обитают в водах, хорошо обеспеченных кислородом. Опасный дефицит кислорода, приводящий к массовой гибели гидробионтов, возможен только на отдельных участках с особыми гидрохимическими условиями, которые очень ограничены, например, у дна в эстуарных зонах. На рис. внизу слева представлен сезонный ход содержания кислорода (мл/л) в эстуарии одной из рек, впадающих в Японское море (опасный дефицит кислорода обозначен синим), или в глубоководных впадинах. В условиях потепления климата такие участки расширяются, но остаются нетипичными даже для придонного слоя. Однако, как оказалось, небольшое, не опасное для жизни морских организмов снижение содержания кислорода в морской воде влияет на их биоэнергетику, что приводит к уменьшению их роста и плодовитости, а следовательно – к сокращению их промысловых запасов.



(данные
В.И. Рачкова,
ТИНРО)

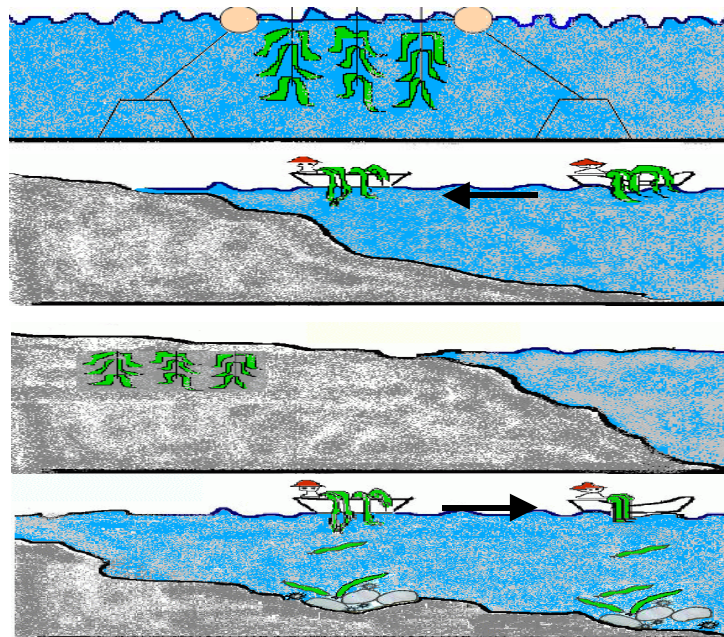
Перечисленные факторы, связанные с изменениями климата, влияют на разные виды морских организмов по-разному: они неблагоприятны для одних видов, но благоприятны для других. Например, в Японском море в ходе глобального потепления деградируют популяции таких холодолюбивых рыб, как минтай и навага, но растёт численность субтропических видов – тихоокеанского кальмара, скумбрии, лакедры, тунцов и др. В результате происходит перестройка видового состава экосистем, а с ней и изменения характера их функционирования. В частности, происходящие в ходе глобального потепления изменения экосистемы Японского моря можно интерпретировать как её преобразование в направлении от высокопродуктивной системы с низкой эффективностью функционирования, что типично для экосистем умеренных широт, к менее продуктивной системе с более высокой эффективностью функционирования, типичной для субтропических зон Мирового океана.

Последствия глобального потепления для рыбной промышленности



(Yatsu, 2010)

В некоторых случаях негативные тенденции в морском промысле, связанные с глобальным потеплением, могут быть преодолены с помощью марикультуры или аквакультуры. Есть немало примеров того, как сокращение естественного воспроизводства биоресурсов из-за изменений климата успешно компенсируется их искусственным разведением или путём искусственной стимуляции их естественного воспроизводства. Пример второго подхода, схематически представленный справа, реализован в Приморье, где ослабление зимнего муссона в ходе глобального потепления ведёт к деградации зарослей ламинарии *Laminaria japonica*, что неблагоприятно для местной популяции серого морского ежа – ценного промыслового вида. Для сохранения промысла разработана технология по искусственному выращиванию ламинарии и как товарного продукта, и как подкормки для "диких" морских ежей.



(Krupnova et al., 2010)

Следует учитывать, что некоторые аспекты изменения климата, не оказывая существенного эффекта на естественные экосистемы, важны для гидробионтов искусственного содержания. К таковым относится усиление штормов, которое ожидается в некоторых районах мира вследствие глобального потепления и уже наблюдается, к примеру, в северной части Индийского океана, где сильно затрудняет культивирование креветок.

Среди учёных, анализирующих проблемы влияния изменений климата на морские экосистемы и рыболовство, сложилось мнение, прозвучавшее на симпозиуме в г. Сендай, что учёт различных аспектов такого влияния при управлении промыслом, развитие технологий культивирования гидробионтов могут обеспечить сохранение мирового уровня добычи морских биоресурсов в ближайшей перспективе, несмотря на в целом неблагоприятное влияние глобального потепления на продуктивность Мирового океана. Однако более длительное, масштаба столетий, воздействие меняющейся среды приведёт к полной перестройке морских экосистем с таким уменьшением их промыслового значения, которое не сможет быть компенсировано этими способами. Поэтому к меняющемуся климату должно приспособиться само человечество путём политических реформ, направленных на реструктуризацию экономики и общества.