

ДИНАМИКА ЗАПАСА МИНТАЯ В ОХОТСКОМ МОРЕ В СВЯЗИ С ДОЛГОПЕРИОДНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ

Л. М. Зверькова

**Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (Москва)**

Полученные к настоящему времени результаты исследований динамики запасов ряда морских рыб свидетельствуют о том, что существует выраженная связь долгопериодных количественных изменений суммарной величины запасов в пределах ареала с цикличностью некоторых планетарных процессов – изменения скорости вращения Земли, интенсивности Эль-Ниньо, индекса Алеутской депрессии и т. д. Названные глобальные явления влияют на ход климатоокеанологических процессов, а те, в свою очередь, – на состояние биоты в морях и океанах. Широкомасштабные изменения условий среды в морях – термического и гидрохимического режимов, ледовитости, интенсивности течений, продуктивности и т. д. – носят также циклический характер соответственно ходу климатоокеанологических процессов.

Исследование факторов среды, влияющих в многолетнем плане, т. е. в течение определенного климатоокеанологического периода – «эпохи», на численность каждой популяции минтая, имеет немаловажное значение, так как указанный промысловый объект является одним из экономически наиболее значимых в рыболовстве России. Самый крупный запас минтая в экономической зоне России образуется в Охотском море. Вместе с тем известно, что в этой части ареала вида условия его обитания наиболее суровы. Цель данного исследования – показать, как условия, формирующиеся в Охотском море, влияют на динамику запаса минтая. Обращаясь к задаче анализа и прогнозирования изменений запасов промыслового объекта в зависимости от условий среды, необходимо использовать надежные предикторы. В северной части Охотского моря, где располагается основа ареала популяции–запаса, нет долговременных стандартных океанологических полигонов или разрезов, наблюдения на которых можно было бы использовать при анализе широкомасштабных изменений условий морской среды. Но по ледовитости, интегральному показателю состояния моря, сравнительно давно и высокодостоверно учитываемому, данные есть. На рисунке 1 показаны аномалии ледовитости Охотского моря.

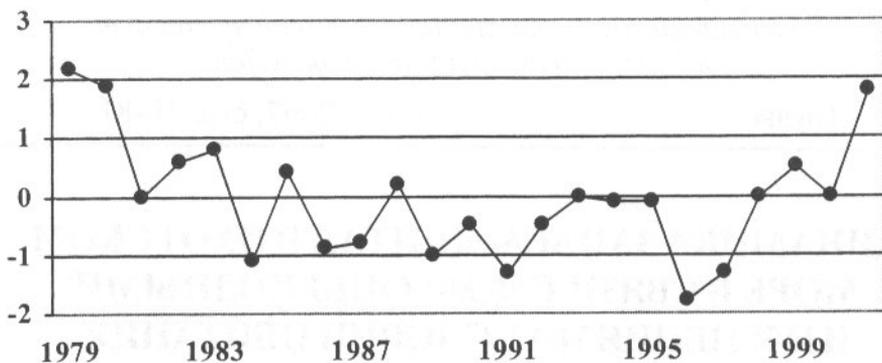


Рис. 1. Аномалии ледовитости Охотского моря, данные осреднены по стандартным отклонениям (Duan et al., 2003)

Как видно, в течение почти 20 лет, охвативших восьмидесятые и девяностые годы прошлого века, ледовитость была ниже или близкой к норме. Можно говорить о сравнительно продолжительном периоде («эпохе») низкой ледовитости Охотского моря. Динамика запаса минтая в Охотском море показывает отчетливо выраженный период относительно высокой биомассы, также охвативший восьмидесятые–девяностые годы, общей продолжительностью около 20 лет (рис. 2).

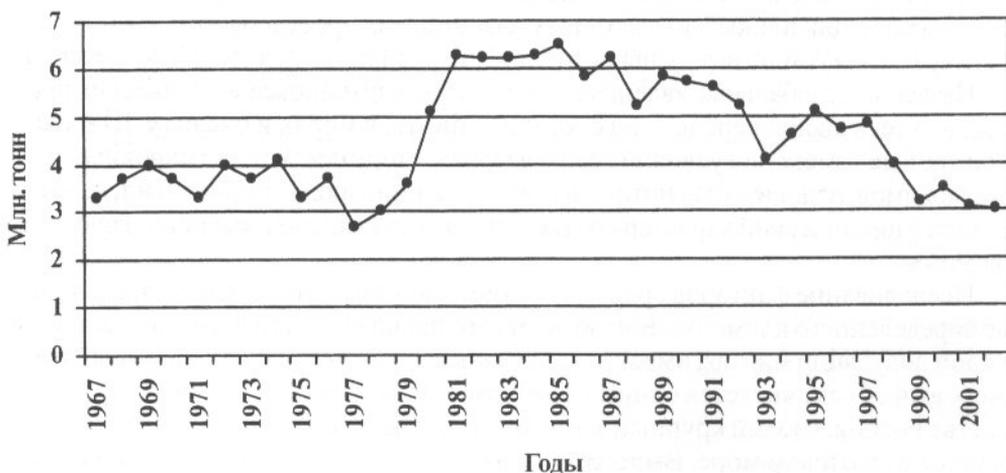


Рис. 2. Динамика промыслового запаса минтая в Охотском море (Зверькова, 2003)

В течение указанного периода происходили, конечно, и некоторые межгодовые колебания биомассы запаса, но в целом его величина была заметно выше, чем в предшествующие 1970-е и последующие 2000-е годы. Можно говорить и об «эпохе» высокой биомассы минтая, наблюдавшейся в течение отмеченного продолжительного периода лет. Как видно из сопоставления приводимых данных по запасу и ледовитости, эти данные изменялись в противофазе: низкая ледовитость – высокий запас, и наоборот.

Уровень ледовитости моря и характеристика его термического режима не всегда совпадают. Применительно к режиму Охотского моря, мы опираемся на результаты исследования И. А. Жигалова (2004), установившего по многолетним данным, что межгодовые вариации ледовитости моря в марте (обычно это месяц максимальной ледовитости) чаще согласуются с показателями термического состояния вод ($R = -0,60$). То есть в 60 случаях из 100 по ледовитости можно судить о термическом режиме моря, а для продолжительного периода лет – и о широко-масштабных изменениях в его гидросфере, и ледовитый – это чаще холодный, а малоледовитый – теплый год. При этом последний относительно продолжительный период теплых лет в Охотском море был с 1981 по 1997 г. В эти же годы отмечен более высокий запас минтая.

Рассмотрим, как изменяются условия среды в Охотском море в теплые малоледовитые и холодные ледовитые «эпохи».

В высоколедовитые зимы Охотское море покрыто льдом практически полностью уже в феврале (рис. 3), хотя обычно в годовом ходе ледовитости пик бывает в марте.

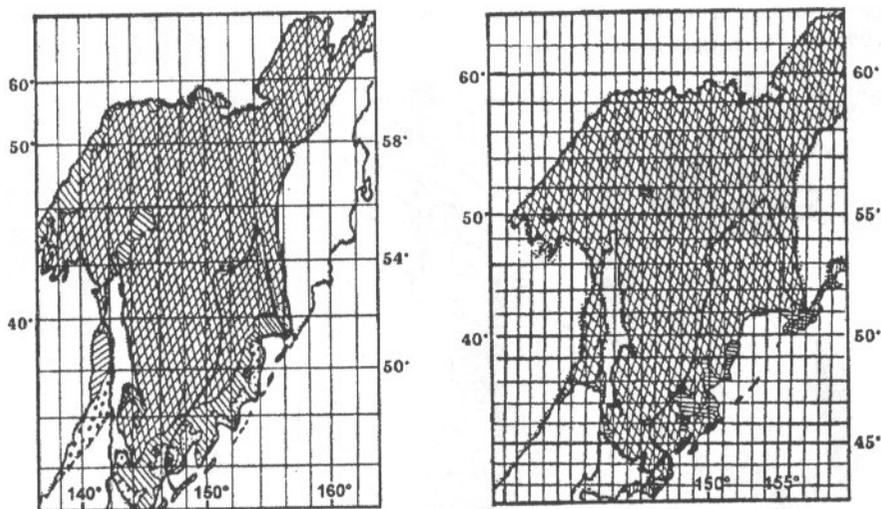


Рис. 3. Карты ледовой обстановки в Охотском море: слева – 27.02.1979 г.; справа – 20.02.2001 г. (Шатилина и др., 2002)

Полностью покрыты льдом и нерестилища минтая, располагающиеся, как известно, в водах у западного побережья Камчатки и северной части моря. Такая ситуация складывалась в море, к примеру, в 1979, 2001 гг. В малоледовитые зимы ледовая обстановка заметно отличается от показанной выше. Это можно видеть в 1984, 1996 гг.: для сходной даты, т. е. конца февраля, большая часть моря свободна от льда (рис. 4).

Наблюдения, выполненные в марте–апреле 1997 и 2000 гг., позволяют проследить изменения гидрологических условий соответственно в теплые – малоледовитые и холодные – ледовитые годы. Наиболее важной особенностью циркуляции вод в марте–апреле холодного 2000 г., отличающегося суровой и ледовитой зимой, было наличие на всем протяжении западно-камчатского шельфа хорошо развитого Компенсационного течения (рис. 5В, Г).

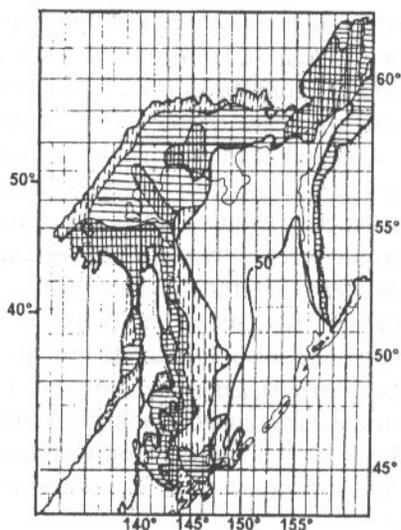
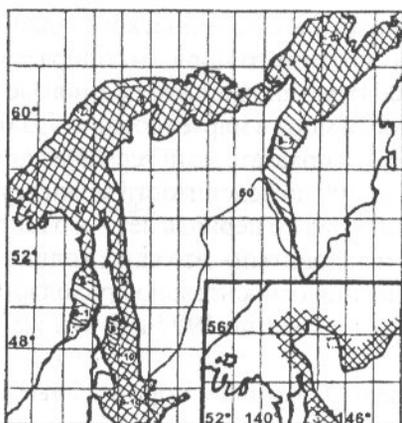


Рис. 4. Карты ледовой обстановки в Охотском море: слева – 14.02.1984 г.; справа – 23.02.1996 г. (Шатилина и др., 2002)

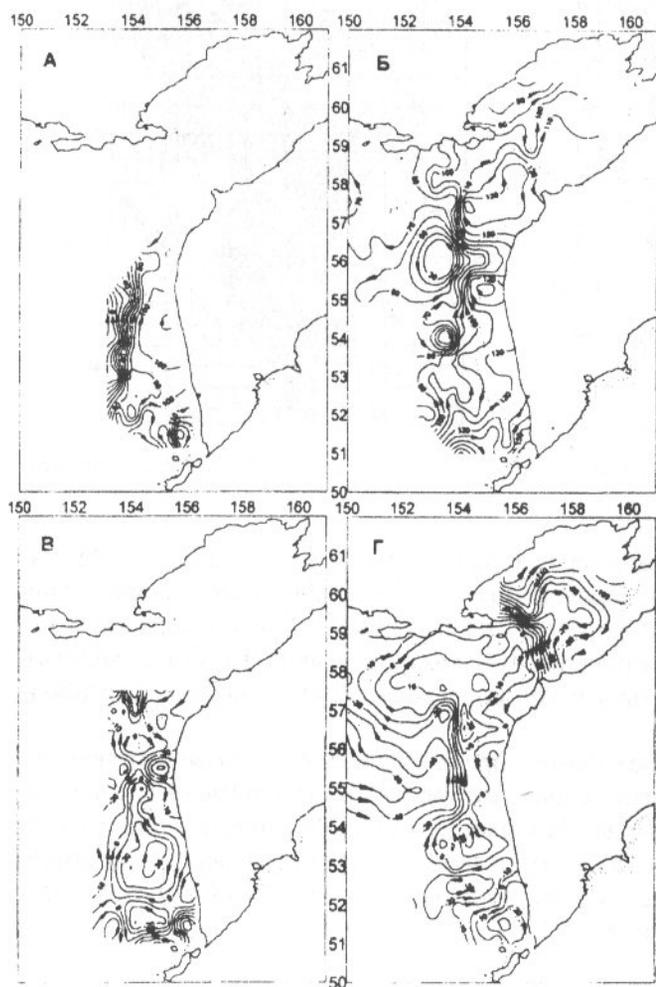


Рис. 5. Динамическая топография на поверхности: А – март 1997 г.; Б – апрель 1997 г.; В – март 2000 г.; Г – апрель 2000 г. (Фигуркин, 2002)

В апреле, по данным А. Л. Фигуркина (2002), перенос вод на юг Компенсационным течением составил $0,29 \text{ Sv}$ – один из самых больших за 1984–2000 гг. В марте 2000 г. прослеживалась лишь склоновая ветвь относительно теплого Западно-Камчатского течения между $153^{\circ}\text{--}154^{\circ}30'$ в. д., а шельфовая ветвь наблюдалась лишь до $51^{\circ}30'$ с. ш. откуда она вместе с водами Компенсационного течения опускалась по склону в направлении банки Лебеда. С прибрежной стороны раздела вод Западно-Камчатского и Компенсационного течений отмечались перемешанные выхолаженные до дна воды Компенсационного течения с температурой $-1,7^{\circ}\text{--}-1,4^{\circ}$ в марте и $-1,0^{\circ}\text{--}-0,5^{\circ}$ в апреле.

Весна 1997 г. в западно-камчатском районе отличалась от весны 2000 г. прежде всего отсутствием Компенсационного течения. Даже в марте, в период наибольшего выхолаживания, на шельфе и склоне доминировал перенос вод в северном направлении (рис. 5А). Зимняя конвекция не распространялась глубже 10–20 м в водах Западно-Камчатского течения. Температура вод шельфа, включая придонный слой, была на $1,5\text{--}2^{\circ}$ выше, чем весной 2000 г. (рис. 6).

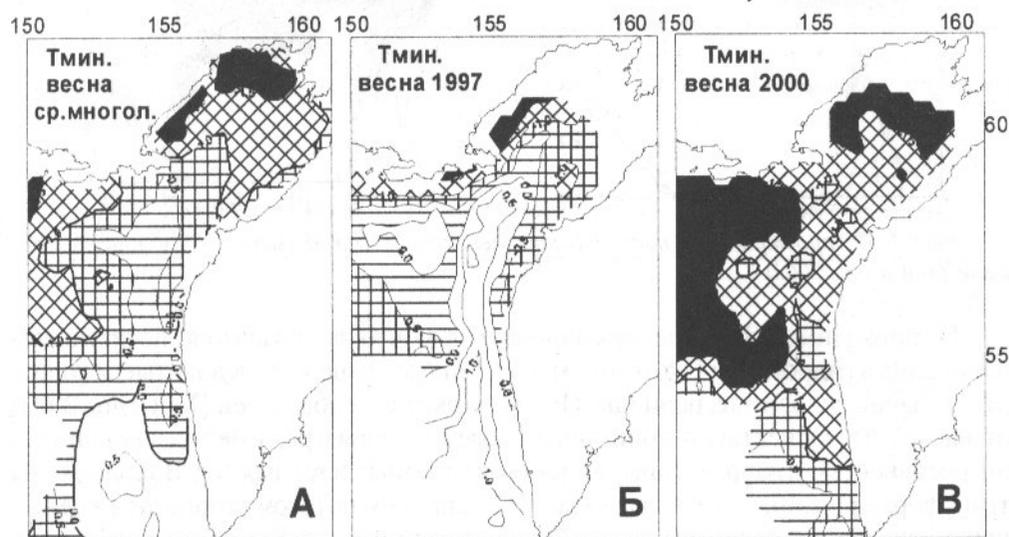


Рис. 6. Минимальная температура воды в Охотском море: А – среднемноголетнее значение (апрель–май); Б – апрель–май 1997 г.; В – апрель–май 2000 г. (Фигуркин, 2002)

Межгодовую изменчивость условий среды оценивают и по площади, занятой холодными зимними водами с температурой в ядре холодного промежуточного слоя (ХПС) менее -1° . Сравнительная картина распределения подповерхностных холодных вод весной в теплый малоледовитый 1997 и холодный ледовитый 2000 годы показана на рисунке 7.

Весной 2000 г. зимние воды с температурой менее -1° покрывали весь шельф моря до изобаты 500 м, включая впадину ТИНРО, зал. Шелихова (см. рис. 7), и занимали практически весь район потенциального нереста и эмбрионального развития минтая. В 1997 г. площадь таких вод была значительно меньше, и преимущественно они отмечались в северо-западной части моря. По среднемноголетним данным, во впадине ТИНРО и на западно-камчатском шельфе весной температура воды обычно выше -1° , а в теплые годы холодные зимние воды не выходят за пределы 200-метровой изобаты на северо-западе моря и отсутствуют в восточной его части.

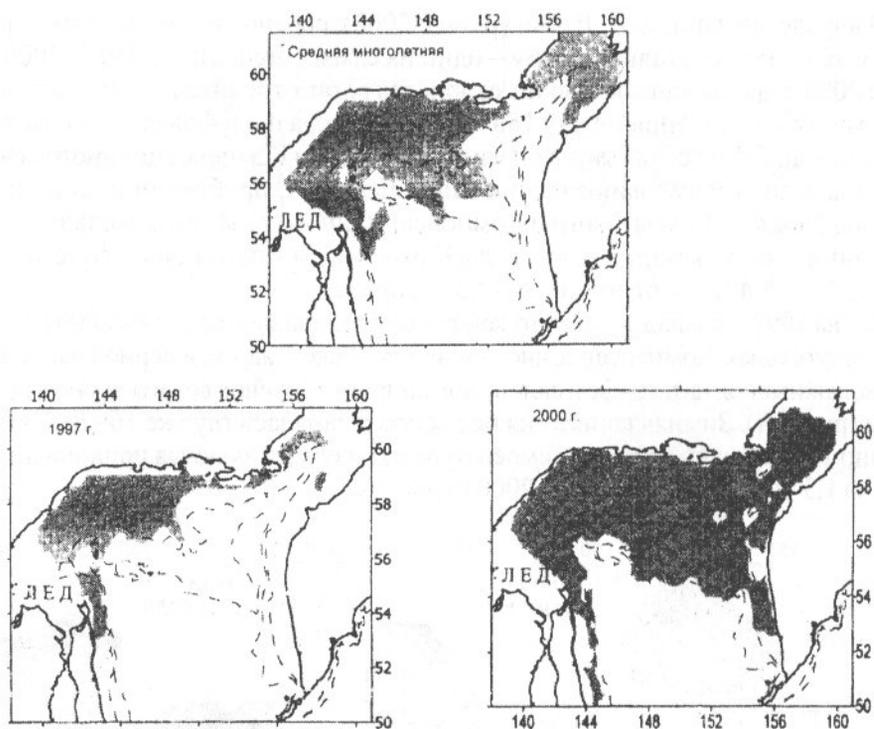


Рис. 7. Распространение подповерхностных холодных вод (менее -1° в ядре) в мае-июне (Хен и др., 2002)

Из приводимых фактических данных видно, что наблюдаются значительные изменения в гидросфере Охотского моря в теплые, чаще малоледовитые, и холодные, обычно ледовитые, периоды. При этом ряд исследователей (Хен и др., 2002) отмечают, что существуют принципиальные различия в режиме вод, связанные с интенсивностью и направлением вторжения холодных и теплых вод. В теплые годы трансформированные тихоокеанские воды широким потоком вторгаются в северную мелководную часть моря (шельф, прилежащий свал у Камчатки и побережья материка), где создаются аномально теплые условия. В холодные годы более значим процесс выноса холодных вод шельфа, препятствовавших адвекции тихоокеанских вод в северо-западную открытую часть моря. Холодные зимние воды с температурой ниже -1° в ядре ХПС весной холодного года занимают около трети моря, тогда как в теплые – только около пятой его части (Хен и др., 2002).

Для минтая, как установлено наблюдениями в наиболее продуктивной части ареала в Беринговом море (Nishiyama et al., 1986), чрезвычайно важным для выживаемости и образования благоприятных условий развития эмбрионов и молоди является формирование в период эмбрионального и начального постэмбрионального развития так называемого выростного слоя. В этом слое происходит развитие икры, личинок, и наряду с этим – концентрируются наиболее плотные скопления кормовых организмов. Выростной слой образуется вследствие весенней стратификации вод от нижней границы термо-, гало-, пикноклина и до верхнего прогретого и распределенного слоя (рис. 8).

В выростном слое концентрируется, по наблюдениям в Беринговом море, основная масса развивающихся икринок и личинок минтая (рис. 9).

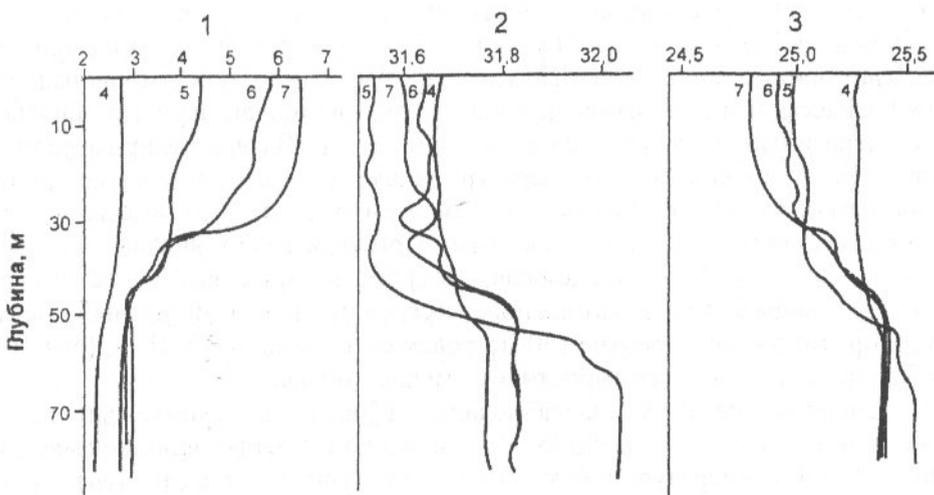


Рис. 8. Сезонные изменения вертикального распределения температуры (1), солёности (2), плотности (3) воды в период нереста и развития икры минтая в восточной части Берингова моря в 1978 г. (Nishiyama et al., 1986): 4–20 апреля (4); 5–14 мая (5); 2–6 июня (6); 7–20 июня (7)

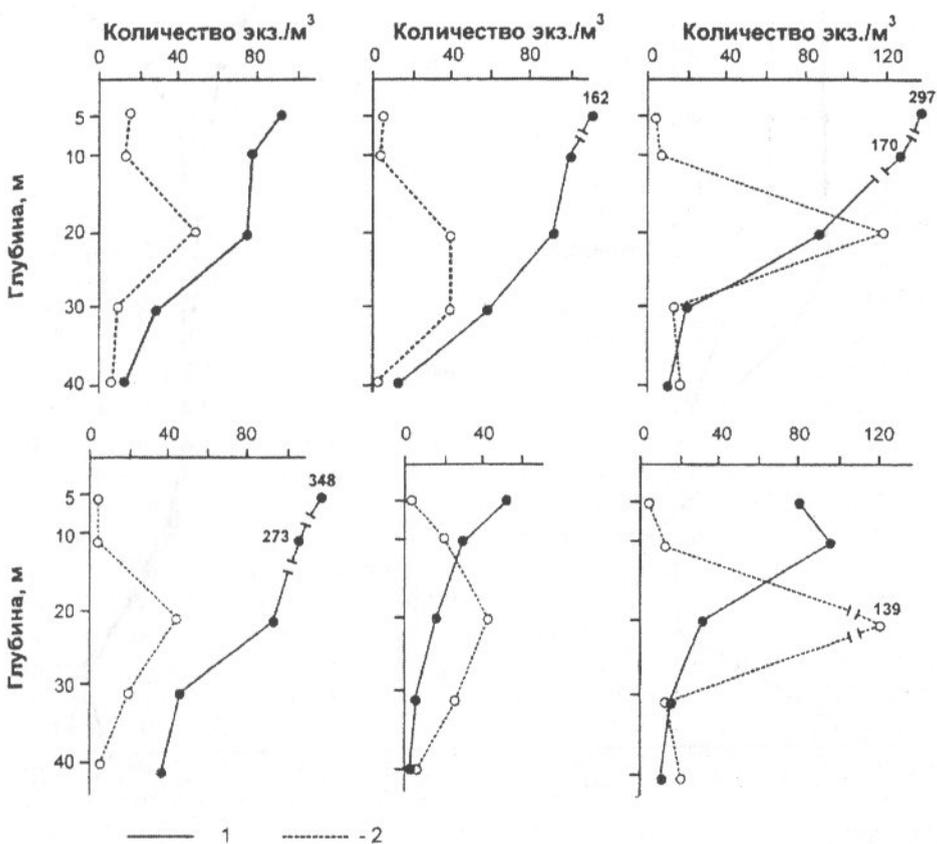


Рис. 9. Вертикальное распределение личинок (1), икринок (2) минтая на различных станциях восточно-берингоморского шельфа 11–15 мая 1978 г. (Nishiyama et al., 1986)

Очевидно, что и для выживаемости вида в Охотском море немаловажным фактором является образование выростного слоя с формирующимися при этом более благоприятными условиями для его эмбрионального и постэмбрионального развития. Рассмотрим, как изменяются абиотические условия в местах основного нереста и развития минтая в теплые и холодные годы. В качестве примера таких условий приводим данные по температуре и солености на станциях в местах традиционного нереста минтая у западной Камчатки (исходные полевые данные любезно предоставлены А. Л. Фигуркиным). При этом 1997 г. являлся теплым, а 2001 г. – холодным. В 1997 г. в апреле, когда обычен массовый нерест минтая, температура воды была положительной, и к середине апреля достаточно отчетливо видно формирование в верхнем 50-метровом слое термо- и галоклина (рис. 10Б), где обычно и располагается выростной слой для минтая.

Совершенно иная ситуация наблюдалась в 2001 г., хотя съемка выполнена в эти же сроки и на этих же станциях. Слой воды до 150 м был заполнен массой с отрицательной температурой. Значения температуры и солености воды практически не изменялись до глубины 80 м, и лишь после этой глубины происходило постепенное увеличение температуры и солености (рис. 10А).

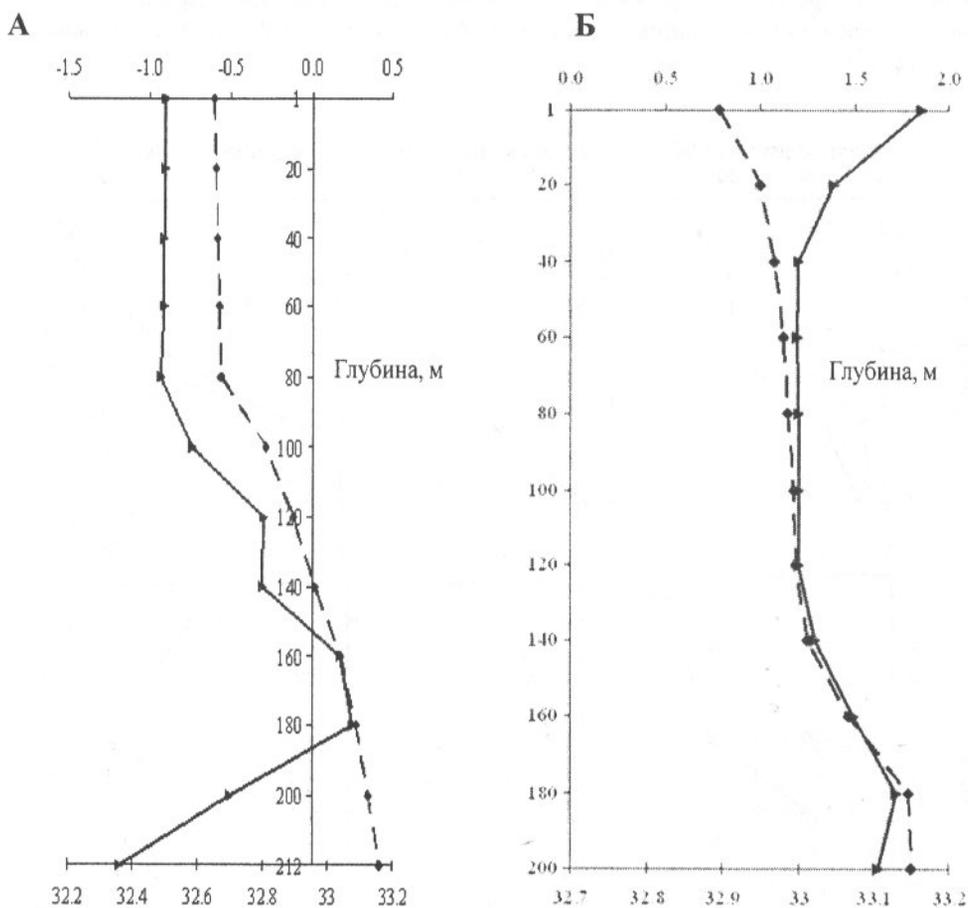


Рис. 10. Вертикальное распределение температуры и солености воды в Охотском море в период нереста минтая, 54°30'N 154°40'E. А) 22 апреля 2001 г.; Б) 16 апреля 1997 г. Т°, С (—), S, ‰ (---)

Заметно различаются по рассматриваемым периодам теплых и холодных лет величина нерестового запаса и численность поколений, воспроизведенных этим запасом (табл. 1). При этом численность поколений, появившихся в соответствующий год, учитывали по двухгодовикам, как не подвергающимся целенаправленно влиянию промысла и вместе с тем более достоверно рассчитываемым по учетным съемкам, чем сеголетки и годовики.

Таблица 1

**Запас и пополнение минтая в Охотском море
(Авдеев и др., 2001, 2005)**

Год	Нерестовый запас, тыс. т	Численность двухгодовиков, млрд. шт.
1989	6577	19
1990	5293	10,3
1991	4920	Нет данных
1992	6894	Нет данных
1993	Нет данных	5
1994	Нет данных	Нет данных
1995	8878	19
1996	6094	3,1
1997	4776	10
1998	3769	~1
1999	2753	3,8
2000	2766	3
2001	1827	Нет данных

Для периода теплых лет данные о величине нерестового запаса имеются с 1989 по 1997 г. с перерывами в 1993 и 1994 гг. Биомасса нерестового запаса минтая составляла в эти годы 4776–8878, в среднем более 6000 тыс. тонн. С 1998 по 2001 г. величина нерестового запаса уменьшилась более чем в два раза: 1827–3769, в среднем около 2880 тыс. тонн. В течение теплого периода лет численность воспроизводимых поколений в возрасте 2 лет составляла 3,1–19, в среднем почти 11 млрд. штук. Численность поколений, появившихся на свет в 1998–2001 гг., составляла 1–3,8, в среднем 2,6 млрд. штук, т. е. почти в четыре раза меньше. Условный коэффициент выживаемости, рассчитанный как отношение численности выживших к началу второго года жизни двухгодовиков к популяционной плодовитости запаса, заметно различается по рассматриваемым периодам теплых и холодных лет. Для 1989–1997 гг. коэффициент выживаемости в среднем составил $1,1 \times 10^{-5}$, а для 1998–2001 гг. – $0,6 \times 10^{-5}$, почти в два раза ниже.

Факт, что океанологические условия, формирующиеся в теплые и холодные годы, по-разному влияют на численность минтая, подтверждается появлением одного из многочисленных поколений этого вида в Охотском море в наиболее ледовитом 1978 г. Но при экстремально высокой ледовитости этот год по метеорологическим и гидрологическим условиям характеризуют как теплый (Petrov, Rykov, 1999). Можно также отметить, что биомасса нерестового запаса минтая в этот год находилась на самом низком уровне за весь период наблюдений, но при этом выживаемость поколения была высокой.

Условия среды в теплые и холодные годы, конечно, влияют и на другие структурные элементы биоты Охотского моря. Так, в холодные годы, наступившие после 1997 г., заметно снизилась биомасса мелкой фракции планктона (яйца, науплии копепод и других планктеров) в весенний период (табл. 2). Между тем эти организмы являются основной пищей минтая после выклева, а концентрация корма определяет выживаемость рыбы. Несмотря на то, что общая биомасса планктона в летний и осенний сезоны изменялась не столь значительно (см. табл. 2), именно количественные показатели обеспеченности пищей на начальном этапе перехода на самостоятельное питание, т. е. весной, являются основополагающими для выживаемости и в итоге для формирования численности поколения.

Таблица 2

Динамика запаса зоопланктона в северной части Охотского моря, млн. т
(Волков, Ефимкин, 2002)

Сезон/Год	1984	1986	1988	1997	1998	1999	2000	2001
Мелкая фракция (весна)	Нет данных	Нет данных	Нет данных	12,1	3,9	4,2	4,5	2,9
Общая биомасса (лето–осень)	179	137	185	85	104	141	125	Нет данных

Что касается минтая, то в холодные, чаще высоколедовитые годы, экологическая ниша этого вида в Охотском море, по-видимому, значительно менее стабильна, так как ухудшаются условия обитания в период эмбрионального и начального постэмбрионального развития. При этом в холодные годы, судя по особенностям гидрологического режима, показанным выше, на большей площади охотоморской популяции района, выростной слой, где продуцируется основная масса поколения вида, практически отсутствует в апреле – обычно месяце массового нереста. По этой причине снижается выживаемость на стадии эмбрионального, начального постэмбрионального развития и, соответственно, – численность формирующихся поколений. Значительно более благоприятны условия внешней среды для вида в течение периода теплых, чаще малоледовитых лет.

Оценивая перспективы, следовало бы ожидать, что при очередной смене «эпохи» должно произойти увеличение запаса минтая в Охотском море. Но это возможно при условии, что промысел не окажет разрушительного влияния на величину запаса и структуру популяции, т. е. будет осуществляться в рамках рекомендуемого наукой объема ежегодного вылова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев, Г. В. Основные черты динамики численности минтая в северной части Охотского моря / Г. В. Авдеев, А. В. Смирнов, С. Л. Фронек // Изв. ТИНРО-Центра. – 2001. – Т. 128. – С. 207–221.
2. Авдеев, Г. В. Результаты оценки запаса минтая в северной части Охотского моря по ихтиопланктонной съемке в 2004 г. / Г. В. Авдеев, С. Л. Овсянникова, Е. Е. Овсянников // Вопр. рыболовства. – 2005. – Т. 6, № 2. – С. 298–325.
3. Волков, А. Ф. Современное состояние планктонного сообщества эпипелагиали Охотского моря / А. Ф. Волков, А. Я. Ефимкин // Изв. ТИНРО-Центра. – 2002. – Т. 130, ч. I. – С. 355–407.

4. **Жигалов, И. А.** Сезонная и межгодовая изменчивость термического состояния вод Охотского моря : Автореф. дис. ... канд. биол. наук / И. А. Жигалов. – Владивосток : ТИНРО-Центр, 2004. – 24 с.

5. **Зверькова, Л. М.** Минтай. Биология, состояние запасов / Л. М. Зверькова. – Владивосток : Изд-во ТИНРО-Центра, 2003. – 248 с.

6. **Фигуркин, А. Л.** Развитие океанологических условий западной Камчатки по данным мониторинговых наблюдений 1997 и 2000 гг. / А. Л. Фигуркин // Изв. ТИНРО-Центра. – 2002. – Т. 130, ч. 1. – С. 103–116.

7. Хен, Г. В. Особенности гидрологических условий в северной части Охотского моря во второй половине 90-х гг. / Г. В. Хен, Н. С. Ванин, А. Л. Фигуркин // Изв. ТИНРО-Центра. – 2002. – Т. 130, ч. 1. – С. 24–43.

8. Шагилина, Т. А. Особенности атмосферной циркуляции при аномальных океанологических условиях в Японском, Охотском морях и прилегающей части Тихого океана / Т. А. Шагилина, А. А. Никитин, Л. С. Муктепавел // Изв. ТИНРО-Центра. – 2002. – Т. 130, ч. 1. – С. 79–94.

9. Duan, F. Interaction between Sea ice area and SST around Sea of Okhotsk / F. Duan, H. Yamaguchi, G. Sagawa, T. Komura // Proceedings of the 18th Intern. Symp. on Okhotsk Sea & Sea Ice (23–24 February 2003, Mombetsu, Hokkaido, Japan). – 2003. – P. 55–62.

10. Nishiyama, T. The early life history and feeding habits of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in the southeast Bering Sea / T. Nishiyama, K. Hirano, T. Haryu // Bull. NPAFC. – 1986. – No. 45. – P. 177–227.

11. Petrov, A. G. Intermediate cold layer and ice cover in the sea of Okhotsk / A. G. Petrov, N. A. Rykov // PICES Sci. Rep. – 1999. – No. 12. – P. 25–29.