

Межгодовое изменение гидрометеорологических условий у западного побережья Камчатки в период нереста минтая.

Коломейцев В.В.

ВВЕДЕНИЕ

Большое промысловое значение в водах Камчатки имеет популяция минтая, обитающая у западного побережья полуострова, несмотря на ее низкий современный уровень запаса. Основной причиной многократного снижения численности популяции в последние десятилетия является нерациональный промысел. Однако на фоне этого, исследователями отмечаются и другие флуктуации, отличающиеся как по природе, так и по временному масштабу.

И.В. Давыдов (Давыдов, 1971, 1987, 1989) связывал колебания численности популяции минтая с глобальными климатическими изменениями, которые происходят с периодичностью 21-22 года (цикл солнечной активности) и 40-60 лет (геоэффективные моменты солнечной активности). О.Г. Золотов с соавторами (Золотов и др., 1987) полагают, что наибольшее влияние на численность поколений восточноохотоморского минтая оказывает плотность популяции. Лимитирующее действие этого фактора выражается в повышенной смертности ранних пелагических стадий и молоди минтая при их высокой численности из-за обострения пищевой конкуренции. Отмечается также, что генерации повышенной численности появляются в годы с относительно «мягкой» зимой, пониженной – «холодной». В то же время, существует достаточно примеров, когда урожайные и неурожайные поколения минтая в восточной части Охотского моря появлялись как в «теплые», так и «холодные» годы. Так или иначе, причины изменения численности поколений минтая остаются малоизученными (Балыкин и др., 1998; Varkentin, Buslov, Ternin, 1999).

Не постоянны из года в год конкретные сроки и районы нереста. Во многом это зависит от степени выхолаживания вод деятельного слоя в зимний период и количества тепла, поступающего в Охотское море с Западно-Камчатским течением. Особенности динамической структуры вод определяют распределение икры и личинок минтая (Карманов, 1982; Фигуркин, 1997, 2002).

Цель работы - оценить влияние межгодового изменения гидрологических условий на нерест минтая в восточной части Охотского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы материалы гидролого-ихтиопланктонных съемок, выполненных в 2000 году на СРТМ «Мио», в 2001 – на БАТМ «Сероглазка», в 2002 – на НИС «Профессор Кагановский» и в 2004 – на СРТМ-К «КамчатНИРО-1». Сведения о

сроках и количестве станций представлены в таблице 1, а схемы расположения станций на рисунке 1.

Таблица 1 — Сроки проведения и количество станций гидролого-ихтиопланктонных съемок, материалы которых использованы в данной работе.

<i>Год</i>	<i>Наименование судна</i>	<i>Сроки проведения</i>	<i>Количество станций</i>
2000	СРТМ «Мию»	21-29.04	77
2001	БАТМ «Сероглазка»	09-29.04	74
2002	НИС «Профессор Кагановский»	11.04-01.05	109
2004	СРТМ-К «КамчатНИРО-1»	30.04-11.05	100

По данным гидрологических станций построили карты распределения температуры на поверхности и горизонте 100 м. Для тех же горизонтов рассчитали аномалии температуры и геострофические течения. Данные по распределению и стадиям развития икры минтая, которые в достаточной мере отражают особенности нереста в тот или иной год, были взяты в лаборатории морских промысловых рыб КамчатНИРО.

Все расчеты и построения были выполнены с помощью установленных на персональной ЭВМ прикладных программ. Карты распределения температуры, солености, аномалий температуры и икры на ранней стадии строили с помощью SURFER 8 (Golden Software, Inc.) и Ocean Data View (3mp-version, 2005 г.). Геострофические потоки рассчитывали с помощью программы Ocean Data View (3mp-version, 2005 г.), в которой используется стандартный динамический метод, основанный на вычислении разницы динамических высот между парами станций. Для учета разности глубин на различных станциях в программе используется стандартная методика приведения глубин (основана на методе наименьших квадратов). За «нулевой» горизонт выбрали изобарическую поверхность 200 дб.

Для расчета аномалий использовали среднемноголетние значения температуры из базы данных ТИНРО-центра (за период 1950-2000 гг.), где они сгруппированы по узловым точкам координатной сетки с шагом $0,5^\circ$ по широте и долготе. Данные по температуре, полученные в процессе выполнения съемок, привели к тем же узловым точкам, после чего рассчитали отклонения от среднемноголетних значений в зависимости от сроков проведения съемки (для апреля – 2000, 2001 и 2002 гг., для мая – 2004 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения особенностей термического режима в исследуемые годы мы рассмотрели поля температуры на поверхности и горизонте 100 метров (рисунки 2-3), а также распределение аномалий температуры на тех же горизонтах (рисунки 4-5). Распределение температуры на поверхности характеризует, главным образом, относительно кратковременные океанологические процессы. По мнению А.Л. Фигуркина

(Фигуркин, 1997), адекватным отражением термического режима вод является температура воды на горизонте

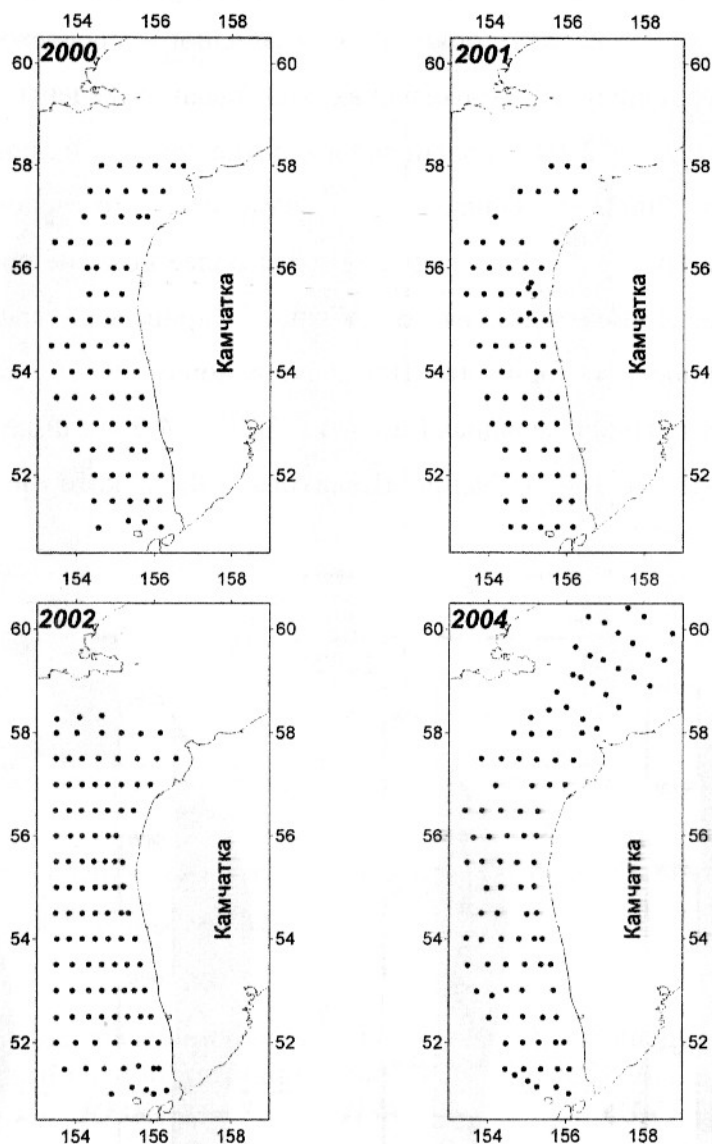


Рисунок 1 — Схемы расположения станций гидролого-ихтиопланктонных съемок, выполненных на СРТМ «Мио» в 2000 году, БАТМ «Сероглазка» в 2001 г., НИС «Профессор Кагановский» в 2002 г. и СРТМ-К «КамчатНИРО-1» в 2004 г.

100 м. Данная характеристика также дает хорошее представление об интенсивности зимнего выхолаживания вод деятельного слоя.

Анализируя распределение температуры воды в весенний период в общих чертах, можно отметить увеличение ее значений с севера на юг. С одной стороны, это обусловлено влиянием теплых тихоокеанских вод, проникающих на акваторию Охотского моря через проливы Курильской гряды, с другой, более интенсивным выхолаживанием вод в северных районах в связи с близостью материка. Как известно, зимой над сушей воздух охлаждается значительно сильнее, чем над морем.

Характеризуя температурные условия на поверхности, можно выделить относительно холодные 2001 и 2002 годы (рисунок 2), когда практически на всей исследуемой акватории температура принимала отрицательные значения (от 0 до $-1,5^{\circ}\text{C}$). Лишь на небольших участках акватории у юго-западного побережья Камчатки в результате тепляющего влияния тихоокеанских вод были отмечены положительные значения (до $0,5^{\circ}\text{C}$). В 2000 и 2004 годы гидрологические условия на поверхности были теплее, чем в 2001 и 2002 гг. Однако стоит заметить, что основной причиной повышенного фона температуры в 2004 году являются более поздние сроки проведения съемки, а именно, первая половина мая. В таблице 2 приведены средние величины температуры на поверхности и горизонте 100 м по районам: Юго-западная Камчатка (ЮЗК - $50-54^{\circ}$ с.ш.), Центральная Западная Камчатка (ЦЗК - $54-56^{\circ}$ с.ш.), Северо-западная Камчатка (СЗК - $56-58^{\circ}$ с.ш.) и Залив Шелихова (ЗШ), которые подтверждают вышесказанное.

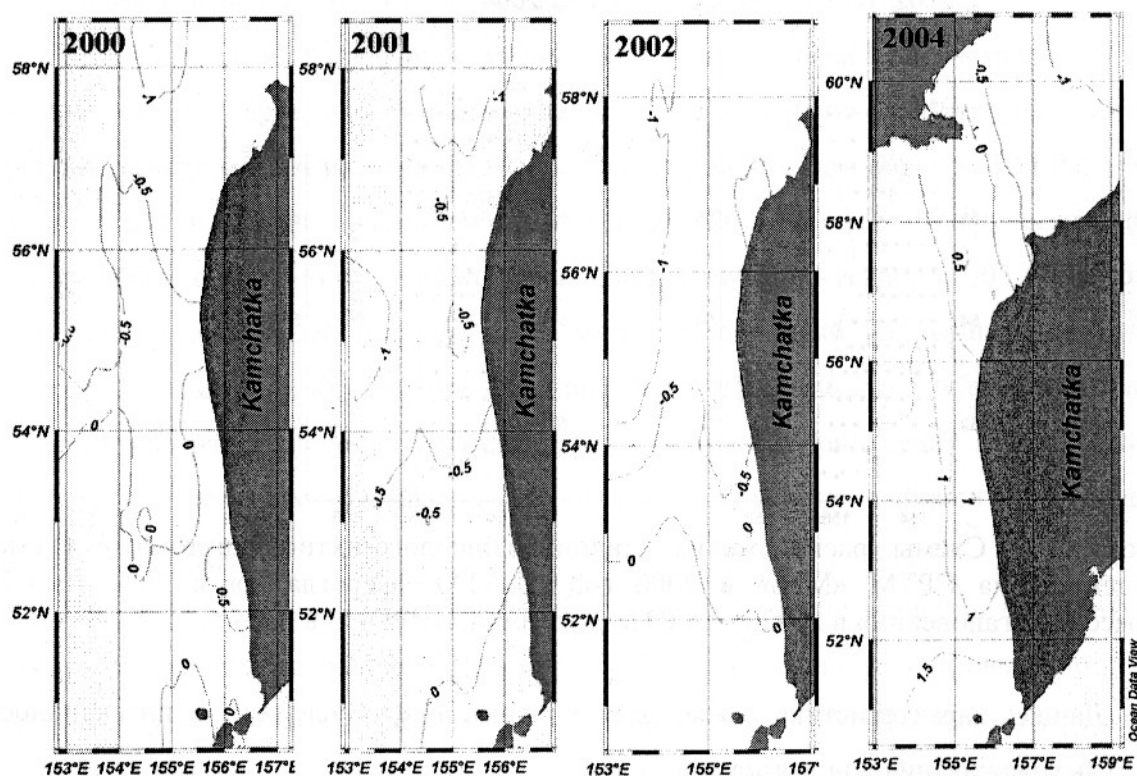


Рисунок 2 — Распределение температуры воды на поверхности у Западной Камчатки в апреле 2000, 2001, 2002 гг. и мае 2004 г.

В соответствие с рисунком 4, на котором приведены распределения аномалий температуры воды на поверхности, можно отметить, что в 2000, 2001 и 2002 гг. преобладали положительные аномалии ($0...1,5^{\circ}\text{C}$) в прибрежной зоне Камчатки и отрицательные ($0...-1,2^{\circ}\text{C}$) в мористой части исследуемого района. В 2004 году

наблюдалась обратная картина – отрицательные аномалии (0...-2,5° С) имели место в прибрежной зоне Камчатки и в заливе Шелихова, а положительные (0...0,8° С) – западнее 155° в.д., и на юге исследуемой акватории.

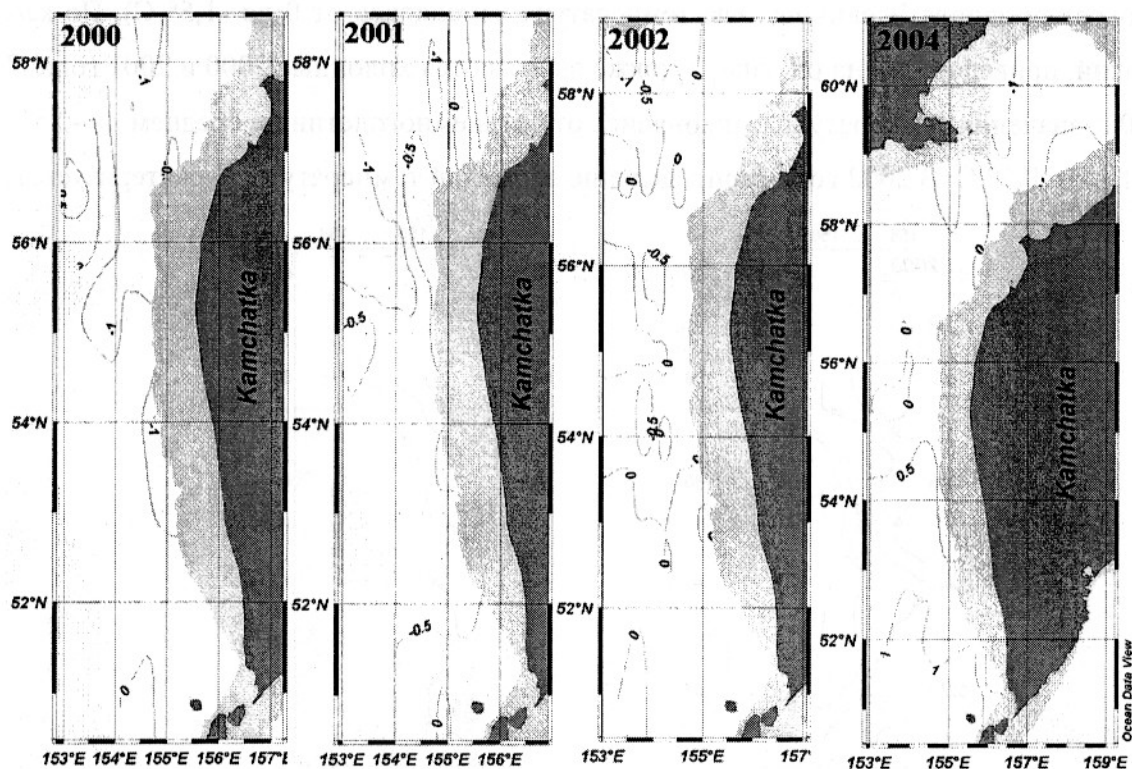


Рисунок 3 — Распределение температуры воды на горизонте 100 м у Западной Камчатки в апреле 2000, 2001, 2002 гг. и мае 2004 г.

Таблица 2 — Средние значения температуры воды (°С) у Западной Камчатки в период проведения гидролого-ихтиопланктонных съемок в 2000, 2001, 2002 и 2004 гг.

год	ЮЗК		ЦЗК		СЗК		ЗШ	
	T_0	T_{100}	T_0	T_{100}	T_0	T_{100}	T_0	T_{100}
2000	0,11	-0,31	-0,27	-0,50	-0,73	-0,64		
2001	-0,24	-0,58	-0,69	-0,80	-0,84	-0,79		
2002	-0,05	0,12	-0,81	-0,19	-0,97	-0,29		
2004	1,32	0,90	0,99	0,26	0,31	0,20	-0,81	-0,75

В связи с поставленной в работе целью выявить межгодовые различия гидрологических условий, возникает необходимость типизации исследуемых лет по какому-либо критерию, адекватно отражающему особенности развития процессов сезонного масштаба. Как отмечалось выше, таким, по мнению А.Л. Фигуркина, является распределение температуры на горизонте 100 м, по которому можно судить об интенсивности зимнего выхолаживания и, следовательно, суровости зимы.

Согласно рисунку 3 и таблице 2, можно выделить относительно холодные 2000 и 2001, средний 2002 и теплый 2004 годы. В первые два года практически на всей акватории преобладала температура $0...-1^{\circ}\text{C}$, в 2002 – $-0,5...0,5^{\circ}\text{C}$ и в 2004 г. – $0...1^{\circ}\text{C}$ (за исключением залива Шелихова, где температура изменялась от 0 до $-1,5^{\circ}\text{C}$). По картам аномалий, приведенным на рисунке 5, также выделяются холодные 2000 и 2001 годы. Так, в 2000 г. значения температуры отклонялись от среднеголетних в среднем на $-0,5^{\circ}\text{C}$, а в 2001 – на $-0,7^{\circ}\text{C}$. В 2002 году распределение аномалий температуры характеризуется из-

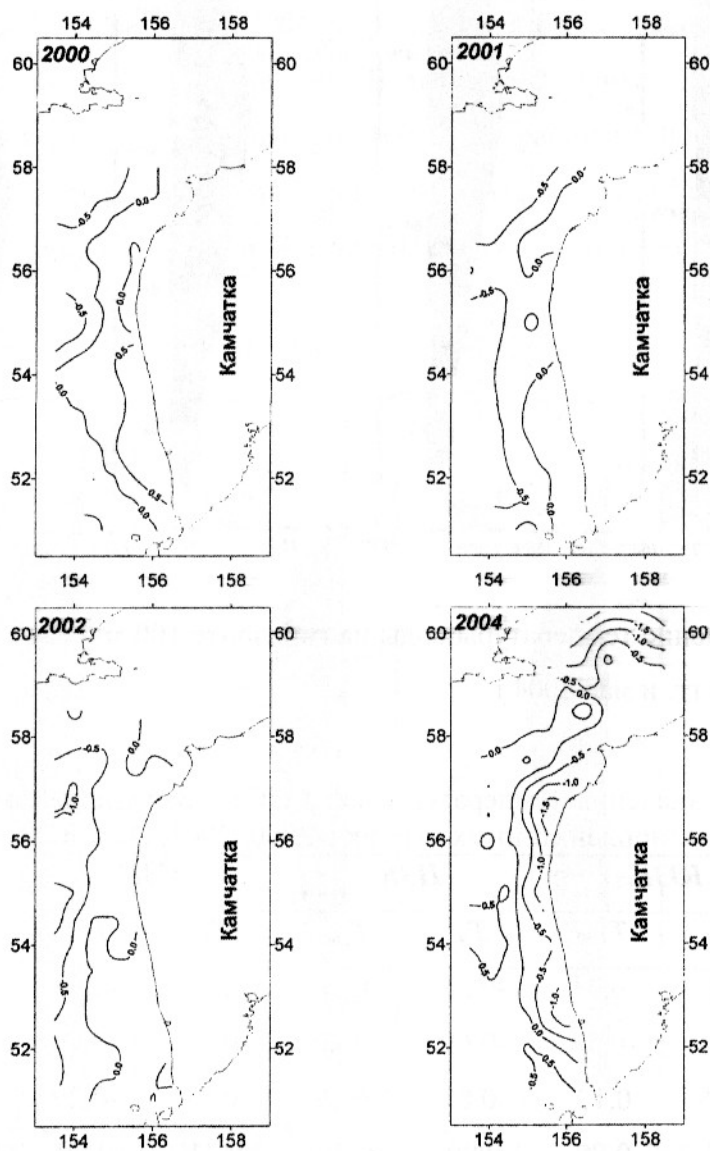


Рисунок 4 — Распределение аномалий температуры воды на поверхности у Западной Камчатки в апреле 2000, 2001, 2002 гг. и мае 2004 г.

менением значений в пределах от $-1,2$ до $1,6^{\circ}\text{C}$ при средней величине $-0,04^{\circ}\text{C}$ (таким образом, значения температуры на горизонте 100 м в 2002 г. были близки к среднеголетним).

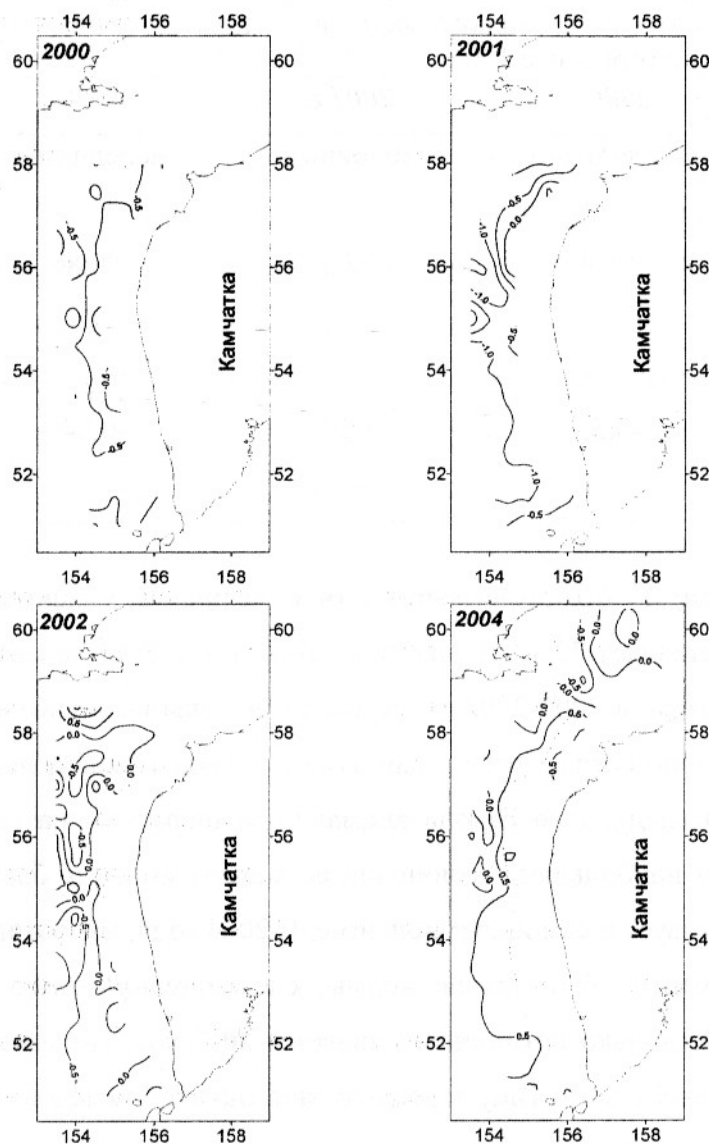


Рисунок 5 — Распределение аномалий температуры воды на горизонте 100 м у Западной Камчатки в апреле 2000, 2001, 2002 гг. и мае 2004 г. (пунктирной линией обозначены изобаты 100 и 200 метров соответственно).

Самый теплый из рассматриваемых нами лет является 2004 г. На всей акватории, за небольшим исключением, имели место положительные значения аномалии ($0 \dots 1,1^\circ \text{C}$). В среднем температура воды на рассматриваемом горизонте была выше среднемноголетних значений на $0,3^\circ \text{C}$.

На основе вышесказанного можно провести типизацию исследуемых нами лет по суровости зимних условий на «холодные», «средние» и «теплые» годы, она представлена в таблице 3. Здесь также приведены значения максимальной ледовитости Охотского моря, взятые из рейсового отчета ТИНРО-центра (рейс на НИС «Профессор Кагановский», 2005 г.), и средние аномалии температуры у Западной Камчатки на горизонте 100 м.

Таблица 3 — Характеристика исследуемых лет по суровости зимних условий, максимальная ледовитость Охотского моря и средняя аномалия температуры воды у Западной Камчатки на горизонте 100 м.

	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2004 г.
тип года	«холодный»	«холодный»	«средний»	«теплый»
макс.				
ледовитость,	86,6	97,5	80,8	68,2
%				
аномалия				
температуры,	-0,52	-0,73	-0,04	0,33
°С				

Стоит отметить, что среднемноголетняя величина максимальной ледовитости Охотского моря составляет 72,8 %. Исходя из этого показателя, к малоледовитым можно отнести зиму 2004 года, в 2000-2002 гг. ледовитость была выше нормы, особенно в 2001 году. Довольно хорошо согласуются с данными по максимальной ледовитости значения осредненных для исследуемого района аномалий температуры на горизонте 100 м. Из таблицы видно, что наибольшее отклонение со знаком «минус» было отмечено в 2001 году, что свидетельствует о самой суровой зиме. В 2004 году, напротив, температура воды практически повсеместно была выше нормы, следовательно, зима в этом году была наиболее теплой. Несколько нетипичным является 2002 год. По значениям температуры на горизонте 100 м он близок к типу «средних» зим, однако, по ледовитости его в большей степени следует отнести к типу «ледовитых зим». В данном случае стоит обратить внимание на распределение аномалий температуры на соответствующей карте (рисунок 5). Оно характеризуется довольно неоднородной структурой, при которой на большей части акватории преобладали отрицательные значения (0...-1,2° С), а на относительно небольших участках отмечались «пятна» с положительными (до 1,6° С) значениями аномалии, которые и сгладивали в результате общую картину распределения. Таким образом, 2002 год по суровости зимы следует относить больше к типу «холодных» зим, чем к типу «средних».

Большое влияние на распределение гидрологических параметров в северо-восточной части Охотского моря, по мнению многих исследователей (Шунтов и др., 1993), оказывает характер и направление течений, особенности циркуляции вод. Сложная динамическая система вод здесь подвержена сезонным и межгодовым изменениям (Карманов, 1982; Лучин, Лаврентьев, 1997; Фигуркин, 1997, 2002). Этим объясняются особенности распределения икры и личинок минтая в разные годы. Не постоянны из года в год и конкретные сроки, и районы нереста, что во многом зависит от количества тепла,

поступающего в восточную часть Охотского моря с Западно-Камчатским течением.

В последние годы большое внимание уделяется синоптической океанологии. Современные исследования выявили следующие особенности циркуляции в морях северного полушария с циклонической системой течений. При взаимодействии основной струи течения, которая обычно отмечается над свалом глубин, и рельефа дна формируются антициклонические вихри, перемещающиеся с основным потоком. В этих вихрях скапливается взвешенное вещество, в том числе и икра рыб. С учетом нерестовой значимости западнокамчатского шельфа, мы можем отслеживать в данном районе антициклонические круговороты по повышенному содержанию икры. Однако стоит отметить, что нерест у Западной Камчатки проходит неравномерно как во временном, так и в пространственном отношении, что непременно вносит свой вклад в распределение икры. В целом в восточной части Охотского моря он начинается в конце января - начале февраля, пика достигает в конце марта - апреле. Район икрометания занимает весь западнокамчатский шельф, начиная от банки Лебеда - на юге - до залива Шелихова включительно - на севере (Фадеев, 1987).

На рисунке 6 приведены схемы геострофических течений и распределение икры минтая на I стадии развития, построенные по материалам гидролого-ихтиопланктонных съемок. Во все исследуемые годы хорошо прослеживалось Западно-Камчатское течение, основной поток которого отмечался над свалом глубин. Однако не во все годы имело место течение компенсационного характера, которое обычно наблюдается в виде потока южного направления между шельфовой ветвью Западно-Камчатского течения и берегом. Такая ситуация отмечалась в 2002 году.

Согласно рисунку 6, распределение икры минтая на I стадии развития характеризуется наличием «пятен» повышенной плотности. Совмещая распределение икры со схемами геострофических потоков, заметно, что часто они приурочены к антициклоническим вихрям, но динамика вод далеко не всегда являлась причиной скопления икры. Так, «пятно» у юго-западного побережья Камчатки, выраженное по-разному в тот или иной год, скорее можно отнести к положению «очага» нереста. К примеру, в 2002 г. в данном районе не было отмечено какого-либо вращения вод на поверхности. Не связано с антициклоническим вихрем «пятно» повышенной плотности в заливе Шелихова в 2004 году, что также свидетельствует о нахождении в этом месте «очага» икрометания.

По абсолютному количеству икры в разные годы заметны значительные отличия. Максимум был отмечен в 2001 году, а минимум – в 2004 г. Определяющую роль в данном случае играли сроки проведения съемок. В 2001 году ихтиопланктонная съемка проводилась в период наиболее высоких темпов икрометания, а в 2004 г., напротив, пик

нереста прошел приблизительно за месяц до съемки.

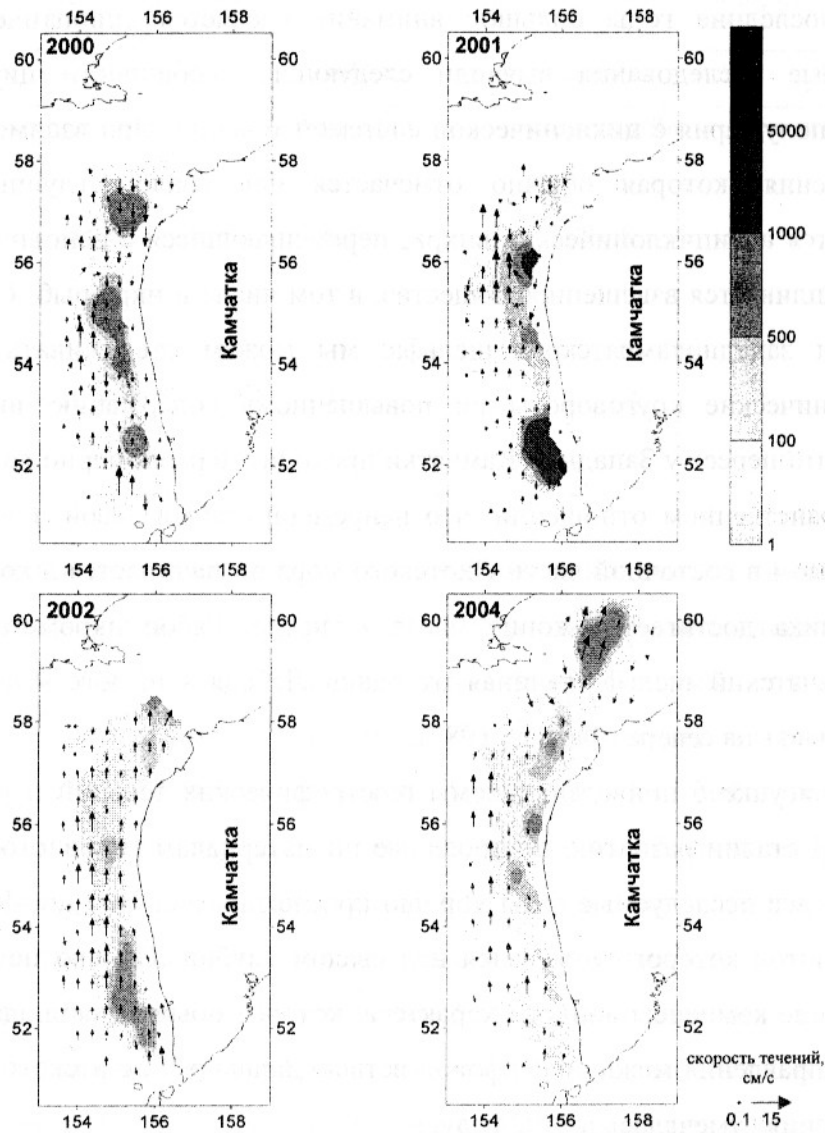


Рисунок 6 — Геострофические течения на поверхности и распределение икры минтая (шт./кв. м) на I стадии развития у Западной Камчатки (пунктирной линией обозначены изобаты 100 и 200 м соответственно).

Согласно результатам предшествующих работ [Карманов, 1982, 1986, Varkentin, Buslov, Terpin, 1999], в «теплые» по теплосодержанию годы отмечается более ранний пик нереста, а в «холодные» - поздний. К примеру, в «теплый» 1997 год размножение достигло максимума в конце марта. В «средние» 1992, 1998 и «холодный» 1999 годы, когда было ослаблено Западно-Камчатское течение и развито холодное Компенсационное течение, сроки сместились на апрель-май. Кроме того, в более «теплые» годы основной нерест протекал севернее и на меньших глубинах, чем в «холодные». В период с 1972 по 1999 гг. условные центры размножения, обнаруживаемые по концентрациям икры на I стадии развития, чаще всего находились между 52-ой и 55-ой параллелями на глубинах

около 100 м. По материалам гидролого-ихтиопланктонных съемок, используемых в настоящей работе, пик нереста в очень «холодные» 2000-2001 годы отмечался в I и II декадах мая соответственно, в «холодный» 2002 — в конце апреля - начале мая. В «теплый» 2004 год максимум размножения наблюдался в I декаде апреля.

По количественному распределению икры на I стадии стоит выделить условные центры размножения, характеризующиеся следующим местоположением в разные годы. В 2000, 2001 и 2002 гг. довольно яркое «пятно» повышенной плотности было отмечено у юго-западного побережья Камчатки (между 51 и 54° с.ш.) на изобатах 50-200 м. В 2004 году, когда пик нереста в указанном районе уже прошел, он наблюдался севернее 55-ой параллели, а наиболее крупный «очаг» размножения наблюдался в заливе Шелихова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тема, которую затрагивает данная работа, чрезвычайно актуальна в настоящее время. Несмотря на то, что численность популяции минтая, которая размножается у Западной Камчатки, находится на низком уровне, она по-прежнему имеет большое промысловое значение. В связи с этим, учеными предпринимаются попытки совершения прогностических моделей, в том числе и посредством учета климато-океанологических факторов. Настоящая работа направлена на поиск таких факторов и последующее их использование в качестве предикторов.

Анализ материалов гидролого-ихтиопланктонных съемок последних лет, а также результаты предшествующих исследований, позволили получить интересные выводы, касающиеся влияния межгодовой изменчивости гидрологических условий на нерест минтая.

В результате анализа термохалинных полей на поверхности и горизонте 100 м, а также геострофических потоков и ледовых условий, провели типизацию исследуемых лет по суровости зимних условий. В соответствие с ней, относительно теплые условия были отмечены зимой 2004 года, а холодные – в 2000, 2001 и 2002 гг. Стоит отметить, что в 2002 году значения температуры на горизонте 100 м в целом были близки среднемноголетним, однако, учитывая достаточно большую величину ледовитости и особенности распределения аномалий температуры, этот год следует относить к типу «холодных» зим. Были исследованы геострофические потоки. Важным следствием влияния динамики вод на распределение икры является ее скопление в антициклонических вихрях, которые формируются на материковой периферии Западно-Камчатского течения в результате его взаимодействия с дном.

Полученные результаты подтвердили выводы предшествующих исследователей, согласно которым, в «теплые» годы отмечается более ранний пик нереста, а в «холодные» - поздний. В очень «холодные» 2000, 2001 гг. пик нереста проходил в I и II декадах мая, в

«холодный» 2002 год – в конце апреля – начале мая, и в «теплый» 2004 г. максимум размножения наблюдался в I декаде апреля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балыкин П.А., Сергеева Н.П., Варкентин А.И.* Особенности экологии размножения минтая в прикамчатских водах Отчет. Петропавловск-Камчатский. КамчатНИРО. 1998.
- Васильков В.П., Глебова С.Ю.* Факторы, определяющие урожайность поколений минтая *Theragra chalcogramma* у Западной Камчатки. *Вопр. Ихтиологии*. Т. 24. Вып. 4. С. 561-570.
- Давыдов И.В.* Общие черты гидрологических условий западнокамчатского шельфа и связанные с ними особенности поведения, распределения и численности некоторых промысловых рыб. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. 1971. 66 с.
- Давыдов И.В.* Гидрологические условия камчатского шельфа и некоторые закономерности формирования его биологической продуктивности. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. 1975.
- Давыдов И.В.* Особенности сезонного развития атмосферной циркуляции в северной части Тихого океана как основа для разработки рыбопромысловых прогнозов. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. 1987.
- Давыдов И.В.* К вопросу об океанологических основах временной организации некоторых популяций рыб камчатского шельфа. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. 1988.
- Давыдов И.В.* Гидрометеорологические основы колебательного характера некоторых биологических параметров популяции рыб. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. 1989.
- Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.* Оценка запасов восточнооходоморского минтая. Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток. ТИНРО. 1987. С. 65-73.
- Зубов Н.Н., Мамаев О.И.* Динамический метод вычисления элементов морских течений. М.: Гидрометиздат. 1966. С. 50-54.
- Карманов Г.Е.* Особенности гидрологических условий у западного побережья Камчатки в период нереста минтая в 1976 г. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. 1976.
- Карманов Г.Е.* Некоторые особенности межгодовых изменений гидрологических условий на западнокамчатском шельфе. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. 1978.
- Карманов Г.Е.* Некоторые особенности динамики западнокамчатских вод в период воспроизводства минтая (*Theragra chalcogramma*). Экология и условия воспроизводства рыб и беспозвоночных дальневосточных морей. Владивосток. ТИНРО. 1982. С. 3-10.
- Карманов Г.Е.* Некоторые черты атмосферной циркуляции над Охотским морем и связанные с ним особенности гидрологических условий на западнокамчатском шельфе. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. 1983.
- Карманов Г.Е.* Результаты разработки прогноза внутрисезонной динамики промысла восточнооходоморского минтая. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. 1986. 14 с.
- Коломейцев В.В.* Межгодовое изменение гидрометеорологических условий у западного побережья Камчатки в период нереста минтая. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КамчатНИРО. 2004. 58 с.
- Лучин В.А., Лаврентьев В.М.* Особенности межгодовых изменений температуры воды на шельфе и материковом склоне Западной Камчатки и возможности их прогнозирования. Экология морей России. Комплексные исследования Экосистемы Охотского моря. М.: ВНИРО. 1997. С. 52-56.
- Павлычев В.П.* Некоторые особенности гидрометеорологических условий в Западно-Камчатском районе в январе-апреле 1994 г. Экология морей России. Комплексные исследования Экосистемы Охотского моря. М.: ВНИРО. 1997. С. 56-64.
- Сергеева Н.П., Варкентин А.И.* Межгодовая динамика плодовитости восточнооходоморского минтая. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КамчатНИРО. 1999.

Фадеев Н.С. Нерестилища и сроки размножения минтая северной части Охотского моря. Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток. ТИНРО. 1987. С. 5-22.

Фигуркин А.Л. Циркуляция вод западнокамчатского шельфа весной 1983-1995 гг. Экология морей России. Комплексные исследования Экосистемы Охотского моря. М.: ВНИРО. 1997. С. 25-29.

Фигуркин А.Л. Межгодовая изменчивость теплового состояния вод охотоморского шельфа (1983-1995). Экология морей России. Комплексные исследования Экосистемы Охотского моря. М.: ВНИРО. 1997. С. 50-52.

Фигуркин А.Л. Развитие океанологических условий западной Камчатки по данным мониторинговых наблюдений 1997 и 2000 гг. Изв. ТИНРО. Т. 130. Ч. 1. 2002. С. 106-116.

Фигуркин А.Л. Циркуляция шельфа и склона северной части Охотского моря в холодное полугодие и положение нерестилищ минтая. XXII Международная конференция по промысловой океанологии. Тезисы докладов. Калининград. АтлантНИРО. 2002. С. 251-252.

Хен Г.В., Фигуркин А.Л., Ванин Н.С., Глебова С.Ю., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д., Жигалов И.А. Исследование пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических условий восточной части Охотского моря (Западно-Камчатский район). Отчет. Владивосток. ТИНРО-центр. 2001.

Хен Г.В. Особенности гидрологических условий в северной части Охотского моря во второй половине 90-х гг. Изв. ТИНРО. 2002. Т. 130. Ч. 1. С. 24-43.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей. Владивосток. 2001. Т.1.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток. ТИНРО. 1993. 426 с.

Varkentin, A.I., A.V. Buslov and O.B. Tepnin Characters of Spawning and Distribution of Walleye Pollock Eggs and Larvae in Western Kamchatka Waters. Spatial Processes and Management of Fish Population (17th Lowell Wakefield Fisheries Symposium): Abstracts (Anchorage, Alaska, USA, October 27-30, 1999). Anchorage: Alaska Sea Grant College Program. Univ. of Alaska Fairbanks. P. 36.