

**АНОМАЛЬНЫЕ АТМОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ
И ВОСПРОИЗВОДСТВО АЗИАТСКОЙ КЕТЫ В XX СТОЛЕТИИ**

А.А. Горяинов, Т.А. Шатилина, Л.Ю. Матюшенко

*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
(ФГУП ТИНРО-Центр), тупик Шевченко, 4, Владивосток, Россия.
E-mail: goryainov@tinro.ru*

Рассматриваются колебания уловов кеты в основных промысловых районах Российской Федерации и атмосферное давление в центрах действия атмосферы (ЦДА) над Азиатско-Тихоокеанским регионом. Выявляются статистически достоверные связи между приземным давлением, геопотенциалом H_{500} в январе и уловами осенней кеты 3 года спустя. Определяется влияние климата на формирование урожайности поколений на ранних стадиях онтогенеза.

Достоверная корреляция между барическими полями и уловами 3 года спустя свидетельствует о влиянии изменений атмосферной циркуляции на формирование урожайности поколений кеты, а географическое положение областей корреляции указывает на неоднозначность такого влияния на воспроизводство в различных промысловых районах.

Высокая корреляция между давлением и уловами наблюдалась, когда в ряду наблюдений имелись годы с резким отклонением давления от нормы (аномальные годы). В обычные годы корреляция между параметрами климата и выживаемостью кеты была незначительна.

**ABNORMAL ATMOSPHERIC PROCESSES AND REPRODUCTION
OF THE ASIAN CHUM SALMON IN 20-TH CENTURY**

A.A. Goryainov, T.A. Shatilina, L.Yu. Matyushenko

*Pacific research fisheries centre (TINRO-centre), alley Schevchenko, 4,
Vladivostok, 690950, Russia. E-mail: goryainov@tinro.ru*

Variations of chum salmon catches in the main fishing grounds of the Russian Federation and atmospheric pressure in the centers of action (COA) above Asian-Pacific region are considered. Statistically reliable links between the pressure at the land, H_{500} in January and autumn chum salmon catches three years later are revealed. Climate influence on generation yield formation in the early stage of ontogenesis, i.e. in the period of roe and larvae in the spawning nests.

The reliable correlation between the bar fields and catches three years later satisfies about atmospheric circulation changes influence on generation chum salmon yield formation, and correlation foci situation indicates a single meaning of this influence on the reproduction in different fishing grounds.

The high correlation between the pressure and catches was observed when there was a year with a sharp pressure deviation (an abnormal year). In common years the correlation between climate and chum salmon is small.

Значительное влияние климатических условий на формирование урожайности поколений тихоокеанских лососей заставляет исследователей снова и снова обращаться к вопросу колебаний их численности в связи с глобальными климатическими перестройками (Кляшторин, 1996, 2000; Beamish, Buillon, 1993 и др.). Однако практически во всех работах исследуется связь динамики численности лососей с глобальными геофизическими процессами, в то время как региональные колебания климатических параметров (атмосферная циркуляция, температура воздуха, воды, осадки и т. д.), которые оказывают решающее воздействие на воспроизводство, не рассматриваются. На

наш взгляд данное обстоятельство является одной из причин того, что механизмы влияния колебаний климата на численность отдельных региональных стад по-прежнему остаются неясными.

В ряде предыдущих работ мы уже рассматривали динамику уловов азиатской горбуши в основных промысловых районах Российской Федерации в связи с процессами в атмосфере над азиатско-тихоокеанским сектором Северного полушария в XX столетии (Goryainov, Shatilina, 2001; Горяинов, Шатилина, 2003). Настоящая работа является продолжением поисков связей между колебаниями климата и численностью важного промыслового вида – кеты. Рассматриваются колебания ее уловов в основных промысловых районах Российской Федерации и атмосферные процессы в таких климатообразующих центрах, как азиатский (сибирский) антициклон, южно-азиатская депрессия и алеутский минимум во второй половине XX в. Целью работы является выявление статистически достоверных связей между колебаниями приземного атмосферного давления, геопотенциала H_{500} в январе и уловов осенней кеты 3 года спустя. Поскольку основу возврата у азиатской кеты составляют особи в возрасте 3+, то, таким образом, определяется влияние климата на формирование урожайности поколений на ранних стадиях онтогенеза рыб, т. е. в период развития икры и личинок в нерестовых гнездах. Полученные результаты могут быть полезными при разработках и совершенствовании методических основ прогнозирования численности.

Материал и методика

Достаточно достоверные и полные данные о численности азиатской кеты отсутствуют, и мы снова были вынуждены обратиться к статистике уловов. Ранее нами отмечалось, что российский промысел тихоокеанских лососей, в том числе кеты и горбуши, осуществлялся и осуществляется на традиционных участках при относительно постоянном рыболовном усилии (ставными неводами). Исходя из этого правомерно полагать, что колебания уловов лососей адекватно отражают колебания их численности.

В настоящей работе использовались статистика уловов NPAFK с 1971 по 2001 г. в основных промысловых районах Дальнего Востока России и наши данные о численности подходов (запасов) приморской кеты к устью одной из основных нерестовых рек южного Приморья – Аввакумовки. Применялись также сведения о давлении воздуха на уровне моря за 40-летний период (с 1960 по 2000 г.), размещенные на сайте NOAA-CIRES Climate Diagnostic Center <http://www.cdc.noaa.gov/PublicData/>, а также архив среднемесячных данных геопотенциала H_{500} , содержащихся на CD-ROM «NCEP/NCAR Reanalysis Monthly Mean CD-ROM 1948-1998». По данным приземного давления, представленным в узлах регулярной пятиградусной сетки, рассчитывались давление и координаты географического положения центров действия атмосферы (ЦДА), как точек максимума и минимума давления над Азией и Тихим океаном на площади, ограниченной районом их влияния. ЦДА определялись по интенсивности давления (повышенного и пониженного) на территории 2-го естественного синоптического района (30–70° с.ш. и 80° в.д.–160° з.д.). При анализе данных применялись интегрированный пакет STATISTICA, version 6. Визуализация результатов, полученных в ходе анализа данных, производилась с помощью географической информационной системы ArcView, version 3.2.

Динамика уловов кеты

Промысел кеты в Российской Федерации осуществляется в местах или вблизи от мест воспроизводства. Следует отметить, что в работе рассматриваются уловы в целом по крупным регионам, что позволяет избежать случайных «выбросов» во временных рядах, связанных с организационно-техническими моментами промысла на отдельных

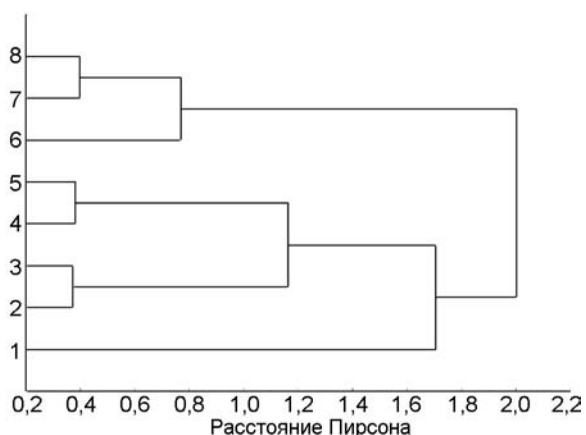


Рис. 1. Диаграмма сходства временных рядов уловов кеты (с 1971 по 2001 г.) в различных промысловых районах Дальнего Востока: 1 – континентальное побережье Охотского моря, 2 – юго-западный Сахалин, 3 – южные Курилы, 4 – западная Камчатка, 5 – восточная Камчатка, 6 – восточное побережье Сахалина, 7 – р. Аввакумовка (южное Приморье), 8 – западное побережье Берингова моря

западная и восточная Камчатка, р. Аввакумовка и реки западного побережья Берингова моря, из которых важнейшей по запасам кеты является р. Анадырь. Более слабые агрегации образуют между собой две первые из вышеперечисленных пар промысловых районов с континентальным побережьем Охотского моря и последняя – с восточным побережьем Сахалина.

Рассматривая ряды уловов кеты в промысловых районах в том порядке, в котором эти районы расположились на диаграмме, мы отмечаем, что динамика уловов на континентальном побережье Охотского моря характеризуется значительным, даже многократным повышением к концу столетия. Как и на континентальном побережье, к концу столетия уловы кеты возросли и на юго-западном Сахалине и южных Курилах. Однако в течение рассматриваемого периода на юго-восточном Сахалине наблюдался спад уловов в первой половине 1980-х и 1990-х годов. В первой половине 1990-х годов глубокий спад уловов кеты отмечался и на южных Курилах. Тенденция к росту уловов в конце XX столетия прослеживается также на Камчатке. Следует заметить, что в начале 1970-х годов уловы кеты на восточной Камчатке были низки. «Промысловый бум» кеты в восточной части полуострова пришелся на конец 1970-х годов – уловы возросли с сотен до десятков тысяч тонн, однако в первой половине 1990-х годов в вышеуказанном районе, также, как и на юго-западном Сахалине, уловы резко снизились. На западной Камчатке уловы кеты резко возросли несколько позднее: в середине 1980-х годов. И, наконец, последняя агрегация промысловых районов, объединенных по сходству временных рядов численности подходов и уловов: р. Аввакумовка на юге Приморья, западное побережье Берингова моря и восточный Сахалин, где в динамике уловов кеты прослеживается снижение уловов к концу XX столетия. При этом на восточном побережье Сахалина в 1996 г. также, как и на р. Аввакумовка в 1997 г., регистрировалось резкое падение уловов и возврата. В конечном итоге по сходству временных рядов уловов промысловые районы агрегируют в две группы, каждая из них характеризуется общими тенденциями динамики. Если в первой группе районов (континентальное побережье Охотского моря, юго-западный Сахалин, южные Курилы, западная и восточная Камчатка) к концу столетия наблюдается рост уловов, то во второй (восточное побережье Сахалина, р. Аввакумовка и западное побережье Берингова моря) – снижение.

реках или промысловых участках. Исключение составляет южное Приморье, где рассматривается только р. Аввакумовка, так как это единственная река в регионе, на которой воспроизводится и эксплуатируется чисто естественное стадо кеты. На остальных важнейших нерестовых реках вышеуказанного региона эксплуатируются стада искусственного (заводского) происхождения.

Ряды уловов с 1971 по 2001 г. были проклассифицированы методами кластерного анализа, и составлена диаграмма их сходства (рис. 1). Как видно, по сходству динамики уловов тесно и попарно агрегируют (объединяются) такие промысловые районы, как юго-западный Сахалин и южные Курилы,

Изменения атмосферной циркуляции над Азиатско-Тихоокеанским регионом во второй половине XX столетия

Атмосферная циркуляция является одним из основных климатообразующих факторов. Из главных звеньев общей циркуляции атмосферы и индикаторов состояния климата отметим положение и интенсивность ЦДА. Их смещение и вариации интенсивности влияют на распределение воздушных планетарных течений и отражаются в изменении климатического режима всего Северного полушария (Апасова, 1979; Мультиановский, 1915).

Над Азиатско-Тихоокеанским регионом располагаются центры мощных циркуляционных систем: сибирского (азиатского) антициклона, ленско-колымского ядра, алеутского минимума, южно-азиатской депрессии и тихоокеанского максимума. Районы воспроизводства кеты в Российской Федерации располагаются между зимними центрами циркуляционных систем (рис. 2). Смещение параметров ЦДА (долготы, широты и давления) определяет режим циркуляции воздушных масс над районами воспроизводства кеты. Анализ многолетней изменчивости давления в центре сибирского антициклона в период 1960–2000 гг. показал его уменьшение на протяжении всего зимнего периода. Особенно резко снизилось приземное давление во второй половине 1990-х годов. В ходе аномалий приземного давления в январе в центре сибирского антициклона и алеутского минимума выделяются несколько периодов пониженного и повышенного давления. Высокой интенсивностью сибирского антициклона (максимума) отличались вторая половина 1960-х и 80-е годы., низкой – 1970-е и 90-е годы. В то же время давление в центре алеутского минимума в 1990-е годы возрастало, а в 1980-е – уменьшалось, т. е. наблюдалась противофазность хода аномалий давления в зимних ЦДА.

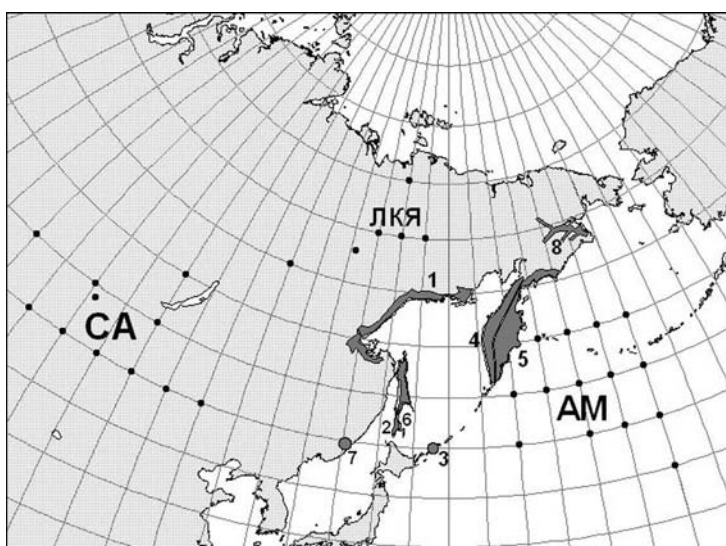


Рис. 2. Расположение центров действия атмосферы в январе (отмечены точками). СА – сибирский антициклон, АМ – алеутский минимум, ЛКЯ – ленско-колымское ядро. Темной заливкой обозначены районы воспроизводства и промысла азиатской кеты: 1 – континентальное побережье Охотского моря, 2 – юго-западный Сахалин, 3 – южные Курилы, 4 – западная Камчатка, 5 – восточная Камчатка, 6 – восточное побережье Сахалина, 7 – р. Аввакумовка (южное Приморье), 8 – западное побережье Берингова моря

Долготные изменения сибирского антициклона и алеутского минимума очень значительны, широтные – менее значительны. Здесь можно отметить, что в 1990-е годы оба центра имели тенденцию смещения на юг. Макромасштабные барические градиенты давления (разность давления в центрах, отнесенная к расстоянию между ними) отражают интенсивность взаимодействия между сибирским антициклоном и алеутским мини-

мумом. Во второй половине XX в. во временном ходе зимнего макромасштабного барического градиента имело место отчетливо выраженная тенденция его уменьшения, что означает ослабление интенсивности выноса арктических масс воздуха на Восточную Азию. В динамике аномалий давления в центре ленско-колымского антициклона так же, как и в сибирском антициклоне, наблюдался резкий спад значений приземного давления в 1990-е годы. Наблюдаемое снижение интенсивности ленско-колымского ядра было вызвано заметными смещениями на запад.

Приземная циркуляция воздушных масс не в полной мере описывает атмосферную циркуляцию над Азиатско-Тихоокеанским регионом. Для более полного ее анализа необходимо также привлечь данные геопотенциала H_{500} . Изобарическая поверхность AT_{500} является энергетическим уровнем атмосферы и ведущим потоком для путей смещения приземных барических образований. В январе над восточным побережьем Азии располагается среднетропосферная холодная ложбина, а по обе стороны – высотные барические гребни. Положение и глубина климатической ложбины у восточного побережья Азии определяют интенсивность выноса арктического воздуха на районы воспроизводства кеты. Значения геопотенциала H_{500} могут быть индикатором этого процесса: понижение геопотенциала наблюдается в очагах холодных масс воздуха, а повышение – в теплых. Над акваторией Охотского моря на протяжении полувекового периода наблюдалось несколько аномально высоких пиков геопотенциала H_{500} : в 1950, 1963, 1974, 1991, 1993 и 1997 гг. По количеству аномально высоких значений H_{500} выделяются 90-е годы. Налицо тенденция ослабления арктического выноса на Охотское море и континентальное побережье. Ослабление тропосферного холода согласуется с данными приземной циркуляции, изложенными выше (уменьшением давления в центрах сибирского антициклона и ленско-колымского ядра).

Сопоставление данных по многолетней динамике вылова кеты и тенденций изменчивости барических полей выявило следующее. Ослабление интенсивности сибирского антициклона (падение давления в его центре) и рост геопотенциала H_{500} над Охотским морем (усиление выноса теплых воздушных масс с Тихого океана) и особенно над северо-западной частью моря, где обычно располагается очаг холода в тропосфере, совпадает с тенденцией роста уловов кеты в первой группе промысловых районов и падением их во второй. Это свидетельствует о том, что существуют прямые и обратные связи между изменениями барических полей и воспроизводством азиатской кеты.

Достоверные корреляции между атмосферным давлением и уловами

Обширными, проводившимися на протяжении длительного периода исследованиями установлено, что основная доля кеты азиатского и американского происхождения возвращается к местам размножения в возрасте 3+. Поскольку промысел лососей в Российской Федерации осуществляется ставными неводами, как правило, расположенными вблизи от устьев нерестовых рек, то и основу российских уловов кеты составляют особи вышеуказанного возраста. Если анализировать связи между колебаниями приземного атмосферного давления и геопотенциала H_{500} в январе и величиной уловов кеты 3 года спустя, то таким образом можно определять влияние климатических факторов на формирование численности основной части поколений данного вида на самых ранних этапах онтогенеза – в период развития икры и личинок, критический для большинства видов рыб. Нерестовые гнезда осенней кеты в большей степени, чем, например, у летней кеты или горбуши, защищены от воздействия низких зимних температур. Это связано с тем, что осенняя кета размножается на выходах грунтовых вод и от их уровня зависит выживаемость икры и личинок. Запасы грунтовых вод пополняются преимущественно за счет атмосферных осадков, выпавших в предшествующие годы, поэтому оптимальный уровень грунтовых вод не всегда определяется гидрологической обстановкой текущего года. В связи с этим на западной Камчатке отмечается постепенное усиление кор-

реляции между коэффициентом ската кеты и суммой осадков по мере их суммирования за все больший интервал времени (Леман, 1988). При понижении зимнего уровня либо в холодные зимы и вне связи с уровнем грунтовых вод может значительно снижаться выживаемость развивающихся эмбрионов и личинок кеты в нерестовых гнездах. Так, в бассейне р. Уссури (до середины прошлого столетия крупнейшем нерестовом притоке по воспроизводству осенней кеты на Нижнем Амуре) уловы осенней кеты от поколений нереста в годы аномально низкого уровня были многократно ниже уловов от поколений нереста при нормальном уровне (Леванидов, Леванидова, 1959).

Низкие зимние температуры воздуха во время развития икры и личинок кеты над бассейном р. Аввакумовка (южное Приморье), также приводят к резкому снижению ее возврата 3 года спустя (рис. 3, А). Из рисунка видно, что в годы с высокими средними температурами воздуха в январе формировались урожайные поколения, давшие через 3 года высокую численность возврата, и наоборот – снижение температуры на численность воздействовало отрицательно. В частности, аномально низкие температуры в январе 1994 г. явились наиболее вероятной причиной очень малочисленного возврата через 3 года – в 1997 г. На рис. 3, Б, представлен ход аномалий геопотенциала H_{500} (атмосферное давление на высоте 5 км от уровня моря) на широте 45° , т. е. на широте бассейна р. Аввакумовка, от 90 до 200° в. д., в январе 1992 г. Заметно, что над бассейном реки локализуется положительная аномалия (очаг тепла), что согласуется с аномально высокой температурой воздуха. На рис. 3, В наблюдается противоположная картина: над южным Приморьем в январе 1994 г. располагался очаг тропосферного холода, что отрицательно сказалось на условиях воспроизводства. Все вышеизложенное служит достаточно наглядной иллюстрацией механизма воздействия атмосферной циркуляции (локализации очагов тепла или холода), через изменения одного из основных факторов, на урожайность поколений, хотя, разумеется, эти воздействия более сложны и многообразны.

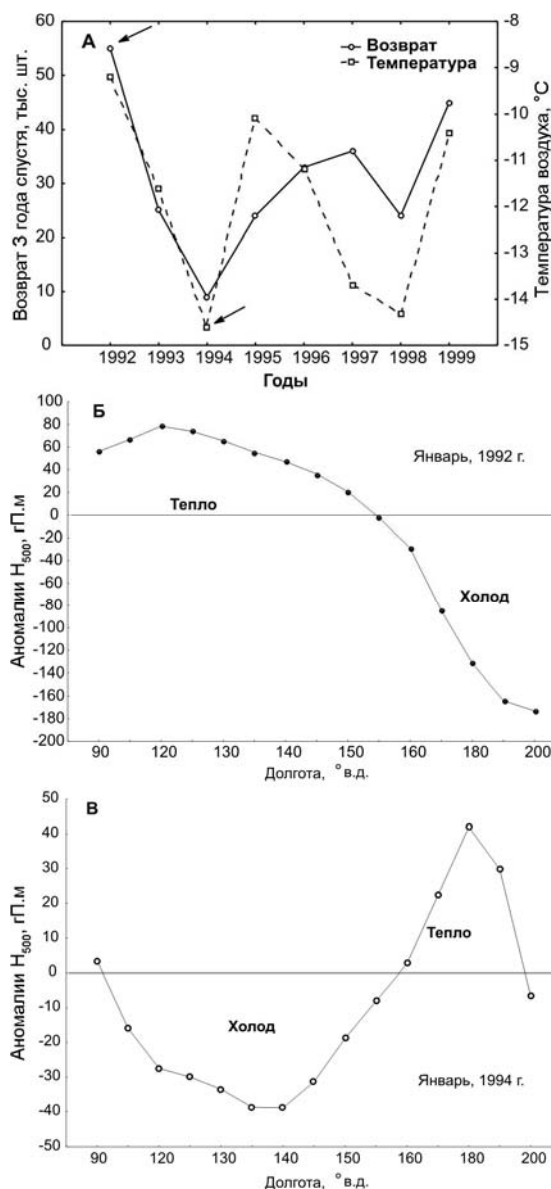


Рис. 3. Механизм воздействия атмосферной циркуляции на воспроизводство кеты (на примере р. Аввакумовка). А – среднемесячные температуры воздуха в январе и возврат кеты в р. Аввакумовка три года спустя. Стрелками обозначены «выбросы» – максимальные и минимальные значения среднемесячной температуры. Б – аномалии геопотенциала H_{500} на долготах $90-180^\circ$ в. д., на широте 45° с. ш. в январе 1992 г.; В – аномалии геопотенциала H_{500} на долготах $90-180^\circ$ в. д., на широте 45° с. ш. в январе 1994 г.

При анализе связей между колебаниями атмосферного давления и геопотенциала H_{500} и уловами 3 года спустя применялся метод линейной корреляции (Пирсона). При этом во внимание принимались корреляции с приемлемой границей статистической значимости ($p < 0,05$). Несомненно, что в анализируемых рядах наблюдений имеют место «выбросы», значительно влияющие на значения корреляции. В связи с этим нами учитывалось то обстоятельство, что наиболее высокий коэффициент корреляции между колебаниями метеорологических условий и выживаемостью лососей имеет место, когда в рядах наблюдений есть годы с резкими отклонениями климата от нормы. В условиях ровного и благоприятного климата такая корреляция малосущественна, и численность поколений кеты в большей мере определяется плотностными факторами.

На рис. 4 показаны области достоверной корреляции между приземным давлением в январе и уловами осенней кеты на континентальном побережье Охотского моря 3 года спустя. Видно, что эти области расположены в азиатской системе ЦДА. Очаг наибольшей корреляции ($r_{\max} = 0,87$) располагался в Юго-Восточной Азии в районе $30-35^\circ$ с. ш., $80-95^\circ$ в. д., т. е. в области южно-азиатской депрессии. Второй очаг более слабой корреляции – в районе $110-140^\circ$ в. д., $60-75^\circ$ с. ш., т. е. в области ленско-колымского ядра. Данные корреляционного анализа свидетельствуют о том, что чем интенсивнее ленско-колымское ядро, тем ниже уловы кеты 3 года спустя.

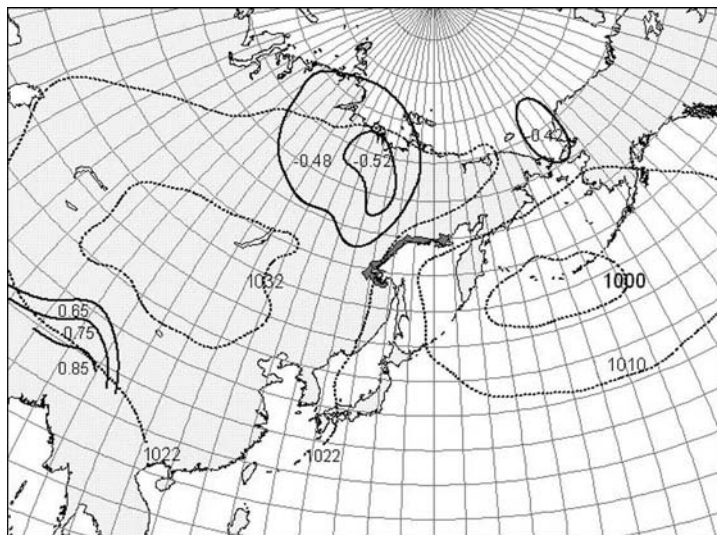


Рис. 4. Области достоверной корреляции ($p < 0,05$) между приземным давлением в январе и уловами кеты на континентальном побережье Охотского моря через 3 года (сплошные изолинии). Темной заливкой обозначен район воспроизводства, пунктирными изолиниями – области приземного давления

Области достоверных корреляционных связей между приземным давлением и уловами кеты на юго-западном Сахалине и южных Курилах, как и для кеты континентального побережья Охотского моря, располагаются на Азиатском континенте. Для кеты юго-западного побережья Сахалина отрицательная корреляция наблюдается на периферии сибирского антициклона. Чем выше давление на периферии сибирского антициклона (и интенсивнее зимний муссон), тем ниже в рассматриваемом районе уловы через 3 года. Область достоверной корреляции для уловов на южных Курилах выражена весьма слабо, и коэффициенты достоверной корреляции получены только для отдельных точек. Видимо, влияние сибирского антициклона на воспроизводство кеты этого морского района незначительно.

Для западной Камчатки корреляционная связь между приземным давлением и уловами кеты незначительна, достоверная корреляция просматривается только для отдельных точек, расположенных в зоне влияния сибирского антициклона (рис. 5, А).

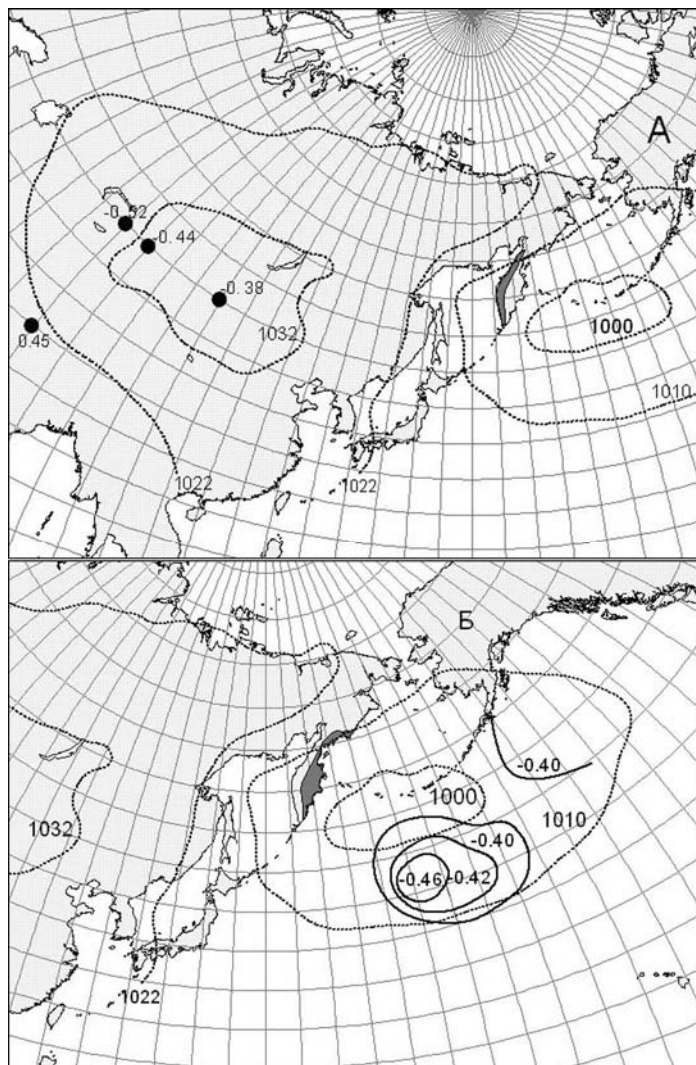


Рис. 5. Области достоверной корреляции ($p < 0,05$) между приземным давлением в январе и уловами кеты на западной (А) и восточной (Б) Камчатке через 3 года (отдельные точки вверх и сплошные изолинии вниз). Темной заливкой обозначен район воспроизводства, пунктирными изолиниями – области приземного давления

От выше перечисленных районов, существенно отличаются области достоверной корреляции для восточной Камчатки. Они располагаются над областью алеутской депрессии (рис. 5, Б).

Области достоверной корреляции приземного давления и уловов кеты на восточном Сахалине располагаются над умеренными широтами Азиатско-Тихоокеанского региона ($30-40^\circ$ с. ш.). Одна из областей наблюдается над Азиатским континентом между долготами $80-95^\circ$ в. д., вторая – над северо-западной частью Тихого океана – над течением Куросио. Отрицательный коэффициент корреляции ($-0,53$ и минус $0,38$) свидетельствует о том, что чем выше приземное давление над северо-западной частью Тихого океана, тем ниже уловы. Причина этого в ослаблении циклонической деятельности над Тихим океаном, когда побережье восточного Сахалина находится под влиянием холодных полярных масс воздуха.

Как и для континентального побережья Охотского моря, очаг наибольшей корреляции ($r_{\max} = 0,82$) для южного Приморья располагался над юго-западной периферией

азиатского антициклона в районе западного воздушного переноса. Область с более слабой корреляцией ($r_{\max} = 0,66$) расположена в зоне действия ленско-колымского антициклона. Области достоверной корреляции между приземным давлением и уловами кеты р. Анадырь располагаются также над Азиатским континентом.

Из вышесказанного видно, что наибольшие коэффициенты корреляции между колебаниями приземного давления над азиатским континентом и уловами характерны для промысловых районов, расположенных в материковой части Северо-Восточной Азии: на континентальном побережье Охотского моря, в южном Приморье, на западном побережье Берингова моря. Вышеперечисленные районы расположены по северо-западной, западной и юго-западной периферии репродуктивного ареала азиатской кеты (рис. 2) и характеризуются относительно суровыми условиями для воспроизводства.

Анализируя связь между колебаниями гидрометеорологических условий в бассейне Амура и выживаемостью амурских лососей в период эмбриогенеза, В.Я. Леванидов пришел к выводу, «что высокий коэффициент корреляции наблюдается в тех случаях, когда в ряду наблюдений имеются годы с резким отклонением климата от нормы» (Леванидов, 1969). В обычные же годы корреляция между проявлениями климата и выживаемостью малосущественна. Вывод В. Я. Леванидова справедлив и для характеристики связей между приземным давлением и уловами кеты и горбуши в вышеперечисленных «материковых» районах. В качестве примера рассмотрим зависимость уловов на континентальном побережье Охотского моря от колебаний приземного давления. На рис. 6, А, Б представлен межгодовой ход приземного давления в области южно-азиатской депрессии и уловов кеты на континентальном побережье Охотского моря 3 года спустя и горбуши 1 год спустя (горбуша, как известно, возвращается на нерест и попадает в сферу промысла в возрасте 1+). На рис. 6, В, Г, показана диаграмма рассеяния линейной регрессионной зависимости уловов от давления. Хотя на протяжении рассматриваемого периода приземное давление в январе и уловы имели сходную тенденцию к росту, наибольших значений уловы достигали (через 3 года у кеты и через 1 год у горбуши) после значительных отклонений атмосферного давления от среднегодового значения (рис. 6, А, Б). При низком давлении зависимость величины уловов от его колебаний приобретала более выраженный стохастический характер, и корреляция значительно ослабевала. Так, в очерченной на диаграммах рассеивания области с низкими показателями давления корреляция между приземным атмосферным давлением и уловами (рис. 6, В, Г) оказалась весьма слаба (менее 0,3). Рост влияния климатических факторов в аномальные годы на формирование численности поколений на ранних этапах онтогенеза хорошо известен и для других животных. Так, исследования, посвященные выживаемости молоди северного морского котика в зависимости от факторов внешней среды, также выявили усиление такой зависимости в годы крупных аномалий геопотенциала H_{500} . В частности, осенью 1965 г. над северо-западной частью Охотского моря наблюдалась крупная аномалия геопотенциала, что было связано с высокой интенсивностью циклонической циркуляции. Как результат с лежбищ на о-ве Тюлений было смыто около 50 % новорожденных котиков (Кузин, Шатилина, 1990).

Корреляционная связь между приземным атмосферным давлением в зимние месяцы и уловами горбуши через 1,5 года уже изучалась (Горяинов, Шатилина, 2003). Поскольку горбуша – короткоцикловая рыба, которая возвращается на нерест в реки по прошествии 1,5 лет после «ската» в море, то для нее, также как и для кеты, выявлялось влияние климатических факторов, связанных с давлением, на формирование численности поколений данного вида на ранних этапах онтогенеза. Области достоверной корреляции приземного давления располагаются на континенте, на южной периферии сибирского антициклона. В обоих случаях проявляется слабая отрицательная корреляция: чем выше давление на периферии сибирского антициклона и чем интенсивнее зимний муссон, тем ниже уловы горбуши через 1 год и кеты через 3 года. Область достоверной корреляции приземного давления и уловов горбуши на восточном Сахалине расположена в центре сибирского антициклона. В то же время область достоверной корреляции при-

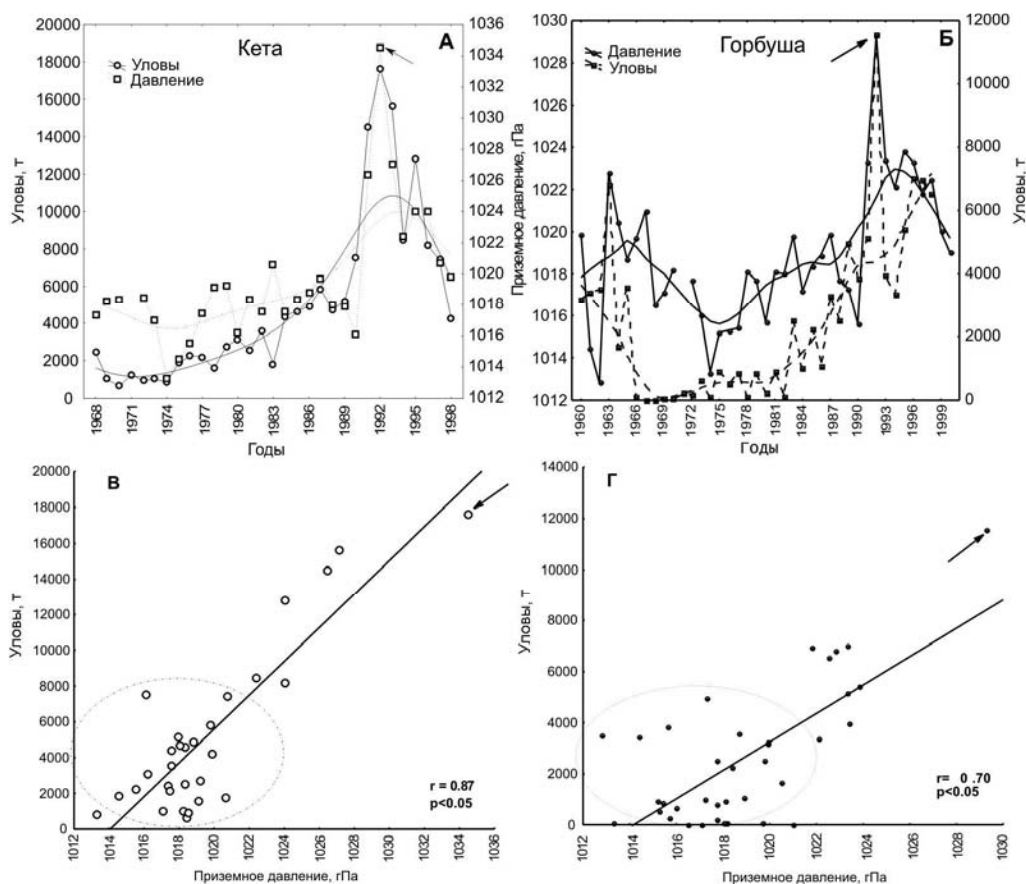


Рис. 6. А – приземное давление атмосферы над районом с географическими координатами: 30° с. ш., 90° в. д. в январе и уловы кеты на континентальном побережье Охотского моря через 3 года. Б – приземное давление атмосферы над районом с географическими координатами: 30° с. ш., 85° в. д. в январе и уловы горбуши на континентальном побережье Охотского моря год спустя. В – регрессионная зависимость уловов кеты от приземного давления в указанной точке, сплошная линия – линия регрессии. Г – регрессионная зависимость уловов горбуши от приземного давления в указанной точке, сплошная линия – линия регрессии. Стрелками на рисунках отмечены выбросы

земного давления в январе с уловами кеты в данном промысловом районе, хотя также располагается в зоне антициклона, но значительно больше смещена к югу. Однако в обоих случаях наблюдается отрицательная корреляция. Области достоверной корреляции ($r_{\max} = 0,73$) между приземным атмосферным давлением и уловами горбуши на континентальном побережье Охотского моря (рис. 7), равно как и уловами кеты, расположены в азиатском ЦДА. Примечательно при этом, что в обоих случаях очаг наибольшей корреляции расположен в Юго-Восточной Азии, практически в одном и том же районе. И в том и другом случае отмечается область более слабой корреляции, расположенная севернее центра сибирского антициклона. Как для уловов горбуши, так и для уловов кеты на западной Камчатке связь с приземным давлением невелика. Однако в обоих случаях наблюдается слабая отрицательная корреляция в центральной области сибирского антициклона.

Рассмотрим корреляции между колебаниями геопотенциала H_{500} в январе и уловами кеты в некоторых промысловых районах России.

Область достоверной корреляции геопотенциала и уловов на побережье Берингова моря располагается над районом арктического среднетропосферного циклона (следует заметить, что в сравнении с приземным давлением связь менее значительная). Для кон-

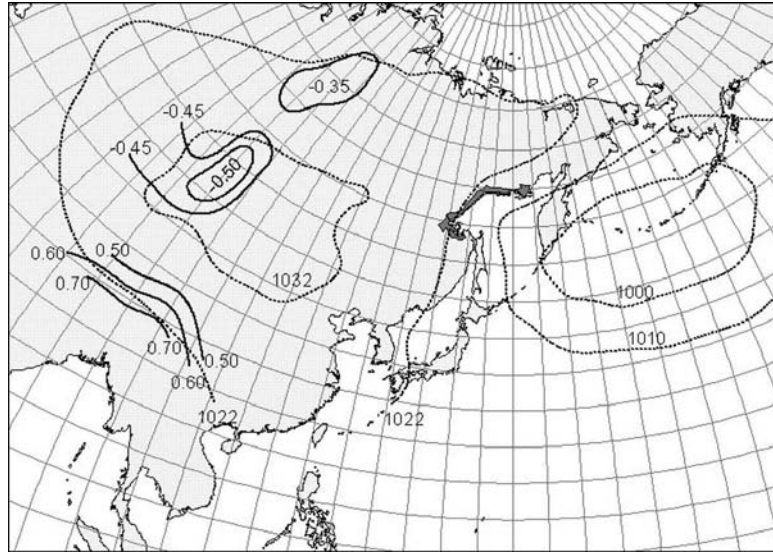


Рис. 7. Области достоверной корреляции ($p < 0,05$) между приземным давлением в январе и уловами горбуши полтора года спустя на континентальном побережье Охотского моря (сплошные изолинии). Темной заливкой обозначены район воспроизводства, пунктирными изолиниями – области приземного давления

тинентального побережья Охотского моря области достоверной корреляции располагаются в области азиатского и тихоокеанского высотных гребней и в области арктического циклона, т. е. приурочены к основным структурным элементам барического поля AT_{500} , определяющим циркуляцию воздушных масс. На воспроизводство кеты юго-западного Сахалина оказывают воздействие атмосферные процессы, протекающие в южных районах: $20-25^{\circ}$ с. ш. и $95-135^{\circ}$ в. д. (рис. 8). Для кеты восточного Сахалина область достоверной корреляции расположена над южной частью Японского моря и восточнее Японских островов, т. е. охватывает акваторию теплого течения Кюросио (рис. 8), которая

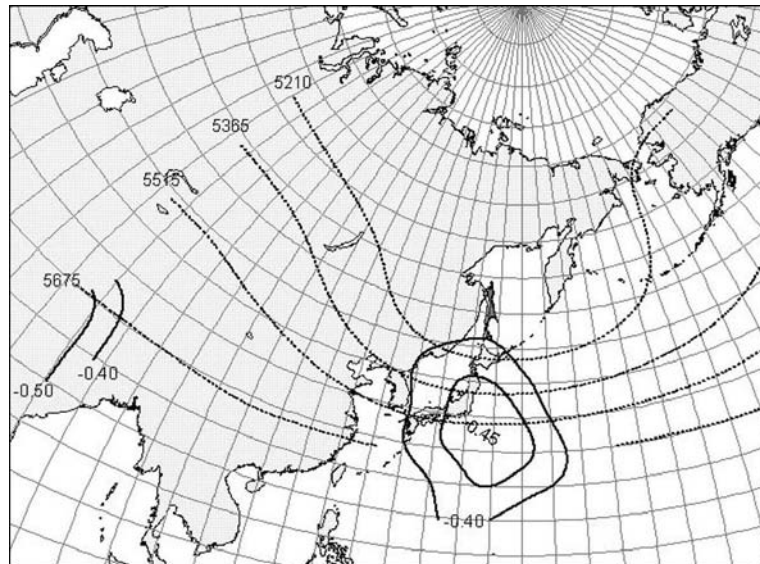


Рис. 8. Области достоверной корреляции ($p < 0,05$) между давлением в поле H_{500} в январе и уловами осенней кеты на восточном Сахалине через 3 года (сплошные изолинии). Темной заливкой обозначены районы воспроизводства, пунктирными изолиниями – области давления в средней тропосфере

является энергоактивной зоной океана. Следует подчеркнуть, что и в приземном поле очаги наибольшей корреляции располагаются именно в этих энергоактивных районах.

Расположение областей достоверной корреляции между H_{500} и уловами кеты восточной и западной Камчатки противоположно. Для восточной Камчатки она располагается в Тихом океане, на южной периферии высотной климатической ложбины, где чаще всего проходят траектории циклонов, формирующих алеутскую депрессию. Для западной Камчатки область достоверной корреляции наблюдается в области азиатского гребня. Это объясняется тем, что интенсивность развития высотного гребня над Азией обуславливает циркуляцию воздуха над Охотским морем. Важно отметить, что коэффициенты корреляции уловов на западной Камчатке с геопотенциалом H_{500} выше, чем с приземным давлением. По всей видимости, на формирование урожайных поколений кеты в указанном промысловом районе большее влияние оказывают циркуляционные процессы в средней тропосфере, так как они определяют адвекцию воздушных масс на районы воспроизводства.

Выводы

1. Обнаружена статистически достоверная корреляция между атмосферным давлением над территорией Восточной Азии и прилегающей акваторией северной части Тихого океана и уловами азиатской кеты в различных промысловых районах 3 года спустя. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии на формирование урожайности поколений атмосферной циркуляции над участками океана и суши, отстоящих на значительных расстояниях от мест воспроизводства.

2. Высокая корреляция между атмосферным давлением и уловами наблюдается, когда в ряду наблюдений имеются годы с резким отклонением давления от нормы (аномальные годы). В обычные годы корреляция между параметрами климата и выживаемостью кеты незначительна.

3. На формирование урожайности поколений кеты зимой в районах, расположенных на материковой части Северо-Восточной Азии, оказывают воздействие условия, обусловленные приземной и тропосферной циркуляцией воздушных масс в азиатской системе ЦДА и развитием высотного гребня над восточной Сибирью. Для воспроизводства кеты западной Камчатки особенно большое значение имеет изменчивость сибирского гребня. Это связано с тем, что его интенсивность определяет циркуляцию воздуха над Охотским морем.

4. Для «морских» районов воспроизводства (Сахалин, Курилы и восточная Камчатка) благоприятные или неблагоприятные климатические условия в большей мере определяются атмосферными процессами, протекающими над теплым течением Куросио и в области алеутского минимума.

Литература

- Апасова Е.Г. О характеристиках местоположения ЦДА // Тр. ВНИГМИ МЦД. 1979. Вып. 58. С. 89–98.
- Горяинов А.А., Шатилина Т.А. Динамика уловов азиатской горбуши и макросиноптические процессы над Северным полушарием в XX в. // Вестн. ДВО РАН. 2003. № 1. С. 20–31.
- Горяинов А.А., Шатилина Т.А. Климат и уловы азиатской горбуши в 20-м веке // Биология моря. 2003. Т. 29, № 6. С. 429–435.
- Кляшторин Л.Б. Климат и перспективы рыболовства в тихоокеанском регионе // Рыб. хоз-во. 1996. № 4. С. 37–42.
- Кляшторин Л.Б. Тихоокеанские лососи: Климат и динамика запасов // Рыб. хоз-во. 2000. № 4. С. 32–33.

- Кузин А.Е., Шатилина Т.А. Выживаемость северного морского котика в зависимости от факторов внешней среды // Изв. ТИНРО. 1990. Т. 112. С. 74–87.
- Леванидов В.Я., Леванидова И.М. Река Иман, ее гидрологический и гидробиологический режим и нерестовое значение для амурской осенней кеты. Научн. отчет Амур. отд-ния ТИНРО – Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Владивосток, 1959. 65 с. (Архив ТИНРО, № 6858).
- Леванидов В.Я. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура // Изв. ТИНРО. 1969. Т. 67. С. 41.
- Леман В.Н. Типизация нерестилищ лососей *Oncorhynchus* по фильтрационному термическому режиму в речном грунте бассейна р. Камчатка // Вопр. ихтиологии. 1988. Т. 28, вып. 5. С. 754–763.
- Мультановский Б.П. Влияние центров действия атмосферы на погоду Европейской России в теплое время года. 1. Засухи // Геофиз. сб. 1915. Т. 2, вып. 3. С. 25–34.
- Veatish R.J., Buillon D.R. Pacific salmon production trends in relation to climate // Can. J. Fish Aquat. Sci. 1993. V. 50, N 5. P. 1002–1016.
- Goryainov A.A., Shatilina T.A. The primorskaya pink salmon dynamics and atmospheric macroprocesses changes in the middle troposphere over the Sea of Japan and the adjacent areas // Oceanography of the Japan sea. Vladivostok: Dalnauka, 2001. P. 293–302.