

Научная статья

УДК 639.2.053:597.552.511

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-405-420

EDN: RCLCXX



АНАДЫРСКАЯ КЕТА *ONCORHYNCHUS KETA*: НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ВОСПРОИЗВОДСТВО, ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ И РЕЖИМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Е.А. Шевляков*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Высказывается гипотеза о критическом циклическом воздействии низкой зимней температуры приземной атмосферы в районах нерестилищ анадырской кеты на выживаемость ее потомства. Периоды высокой и низкой численности чередуются примерно каждые 20 лет. В условиях многолетнемерзлых пород нерестовый фонд кеты представлен нерестилищами разного качества. В периоды естественной цикличности, соответствующие «холодным», нерестовый фонд анадырской кеты сокращается вдвое — до нерестилищ наилучшего качества и позволяет эффективно нереститься около 450–500 тыс. особей. В условно «теплые» годы нерестовый фонд увеличивается до примерно 1150–1200 тыс. особей. В наиболее благоприятных термических условиях вероятно появление нерестилищ, водоснабжение которых обеспечивается подрусловым потоком. В настоящее время уровень запасов анадырской кеты недостаточен для использования ее ресурсов в качестве объектов промысла. Требуется пересмотр режима эксплуатации стада в перспективе его восстановления. Предполагается, что пропуск производителей кеты на нерест в «благоприятные» и «неблагоприятные» климатические периоды должен происходить исходя из динамически изменяющегося нерестового фонда в речном бассейне и обеспечивать достаточные для эффективного воспроизводства плотностные характеристики нереста, но не ниже 500 тыс. особей. Снижение нагрузки на естественные стада может быть обеспечено через формирование в бассейне Анадырского лимана искусственного запаса кеты неанадырского происхождения.

Ключевые слова: река Анадырь, Чукотский автономный округ, кета, промысел, вылов, пропуск, нерестилище, прогноз

Для цитирования: Шевляков Е.А. Анадырская кета *Oncorhynchus keta*: новый взгляд на воспроизводство, динамику численности и режим эксплуатации // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 3. — С. 405–420. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-405-420. EDN: RCLCXX.

* Шевляков Евгений Александрович, кандидат биологических наук, начальник отдела, evgenii.shevliakov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-8556-6737.

© Шевляков Е.А., 2026

Anadyr chum salmon *Oncorhynchus keta*: new sights to reproduction, dynamics of stock and regime of exploitation**Evgeny A. Shevlyakov**Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia
Ph.D., head of department, evgenii.shevliakov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-8556-6737

Abstract. A hypothesis is proposed regarding the critical cyclic impact of low air temperature at the spawning grounds in winter on survival of the Anadyr chum salmon offspring. Periods of this species high and low abundance alternate approximately every 20 years because of specific environmental influence on the spawning grounds of different quality in conditions of permafrost. The limited number of $450\text{--}500 \cdot 10^3$ ind. are able to spawn in relatively cold conditions when the spawners use only the high quality spawning grounds, whereas they spawn much wider in the number of $1150\text{--}1200 \cdot 10^3$ ind. in warmer conditions. The water supply for low quality spawning grounds due to subsurface underflow is supposedly available in warm winters but dries up in cold ones. Indeed, the current level of the Anadyr chum salmon stock is too low for commercial using, so strategy of the stock exploitation should be revised for its recovery. There is proposed to regulate escapement of chum salmon spawners to the spawning grounds in dependence on their total number within the river basin, to ensure the optimal spawning density but never less than $500\text{--}10^3$ spawners. To reduce the fishery pressure on the natural stock, an artificial stock of non-native chum salmon could be established in the basin of Anadyr Liman.

Keywords: Anadyr River, Chukotka, chum salmon, fishery, annual catch, salmon escapement, spawning ground, fishery forecasting

For citation: Shevlyakov E.A. Anadyr chum salmon *Oncorhynchus keta*: new sights to reproduction, dynamics of stock and regime of exploitation, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 3, pp. 405–420. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-405-420. EDN: RCLCXX.

Введение

На протяжении столетия в динамике численности анадырской кеты можно выделить четыре кризисных и три благоприятных периода в состоянии ее запасов. К первому периоду подъема численности можно отнести 30–40-е гг. прошлого века, ко-второму — продолжительный период 1980-х гг., к третьему — середину-конец 10-х гг. текущего века. Между относительно высокой численностью наблюдался и ее спад, при этом продолжительность наиболее угнетенного состояния запасов обычно составляла около 10–15 лет. Последний период относительно высокого состояния запасов анадырской кеты завершился их стремительным падением в начале 2020-х гг.

Начало современного снижения запасов анадырской кеты связывают с мощным осенним паводком 2016 г., ожидаемо размывшим нерестовые станции в бассейнах анадырской системы рек. Возврат низкочисленного потомства от этого поколения в 2019 (2+, в меньшей степени), 2020 (3+) и 2021 гг. (4+) существенно снизил мощность подходов, вылов и соответственным образом сократил репродуктивный потенциал дочерних поколений в 2019–2021 гг. Действительно, 2019 г., при наличии производителей основных возрастных классов 4+ и 3+ поколений 2014 и 2015 гг. (нерестившихся перед паводком 2016 г.), стал последним в ряду лет, нерест производителей в котором был в значительной степени удовлетворительным. Потомки от следующих после 2016 года нереста родителей в 2017 и 2018 гг. примерно на треть от оптимального заполнения обеспечили нерест кеты в 2021 и 2022 гг., после чего уже произошло резкое сокращение репродуктивного потенциала стада. Так, потомки уже от 2019 г., несмотря на близкий к оптимальному и потому перспективный нерест, не внесли значимого вклада в воспроизводство вида на Чукотке. В процессе возврата кеты в 2023 г. кризис состояния ее запасов обрел зримые очертания, промысел в этот год был остановлен в середине нерестового хода кеты и впоследствии закрыт. Запрет промышленного рыболовства

в Анадырском лимане сохраняется на протяжении 2024 и 2025 гг., а также вероятен и дальше в необозримой на текущий период перспективе.

Целью данной работы является анализ долгопериодной динамики уловов анадырской кеты в связи с действием факторов среды в критические периоды нереста и эмбрионально-личиночного развития потомства, поиск причин современного сокращения численности и решений в управлении ресурсами в перспективе депрессии запасов.

Материалы и методы

Несмотря на продолжительный ряд промысловой статистики, имеющийся для кеты р. Анадырь (начиная с 1909 г.), углубленное изучение ее биологии и состояния запасов как обязательной компоненты, включающей обследование нерестилищ, было начато только в конце 60-х гг. прошлого века. Более того, в сложный для страны период начала 1990-х гг. тотальные и регулярные наблюдения на нерестилищах анадырской кеты были прекращены, а восстановлены лишь в 2019 г. [Шевляков, Шубкин, 2019]. В этом промежутке наземные учеты производителей осуществлялись лишь на двух контрольных нерестилищах «марковской» группы — «Усть-Марковское» и «Корякское». Такие наблюдения в силу своей локализации и малой доли вклада в общее воспроизводство не могут надежно характеризовать величину пропуска в качестве репродуктивной основы воспроизводимых поколений. В свою очередь, отсутствие надежных оценок пропуска на протяжении длительного времени как части общего подхода (возврата конкретного года) делает невозможной адекватную оценку численности возвращающихся возрастных групп и поколений в целом. Это обстоятельство нашло свое отражение в виде несоответствия фактического вылова формальной кривой общего подхода в период 1993–2019 гг. на одной из иллюстраций в настоящей работе. Дискретность имеющегося ряда по численности поколений анадырской кеты не позволяет выявить связь динамики численности поколений с факторами среды. Поэтому в качестве зависимого ряда переменных использовали официальные данные по промысловой статистике вылова анадырской кеты (NPAFC, www.npafc.org), которые по нашему мнению, в большей степени отражают реальную численность подходов. Знание возрастной структуры исследуемого стада позволяет соотносить периоды инкубации икры для конкретных поколений, играющих наиболее значимую роль в возвратах и уловах конкретных лет, с действием факторов внешней среды.

При разработке моделей пополнения, а также определения ориентиров управления анадырской кеты [Шевляков и др., 2021] использованы ряды «родители–потомки» за период 1967–1992 гг. по данным С.В. Путивкина [1999].

В качестве независимых переменных значений факторов внешней среды в районе нерестилищ кеты привлекались материалы из открытых источников (www.pogodaiklimat.ru), в частности данные среднемесячной температуры воздуха метеостанции в с. Марково, имеющиеся в распоряжении с 1895 г.

Результаты и их обсуждение

Регионально обусловленные адаптивные особенности экологии анадырской кеты в нерестово-эмбриональный период. В условиях повсеместного распространения многолетнемерзлых пород в бассейнах нерестовых рек анадырского кластера (Великая, Анадырь, Канчалан; далее — анадырский бассейн) водное питание рек в основном осуществляется за счет подземных вод. Водный баланс и обеспечение проточности в нерестовых гнездах кеты в зимнее время поддерживается исключительно или почти исключительно подземными водами [Путивкин, 1999]. Подземный сток формируют надмерзлотные и подмерзлотные воды. Надмерзлотные образуются из вод сезонноталого (деятельного) слоя и вод надмерзлотных таликов (подрусловые, прирусловые и присклоновые). Надмерзлотные талики — один из основных источников зимнего питания рек, накопление воды происходит за счет атмосферных осадков, поверхностного

стока и других источников в деятельный (талый) период года. Их значение в зимнем питании возрастает при наличии широких межгорных долин, яркий пример — марковская низменность. Второй источник зимнего питания рек — подмерзлотные талики, как правило, древнего происхождения и значительной емкости, сформированные в результате осадконакопления в горных геологических структурах (складки рельефа, разломы). Баланс подмерзлотных таликов и их разгрузка осуществляются за счет вертикального транзита надмерзлотных вод через сквозные водоносные талики [Калабин, 1959, 1960; Климентов, Богданов, 1977; Романовский, 1983; Кирюхин и др., 1988]. По заключению С.В. Путивкина [1999], нерестилища анадырской кеты приурочены к зонам локализованной либо диффузной разгрузки подземных вод в ложе реки, при этом температура в пределах нерестилища может изменяться в широком диапазоне и будет зависеть от степени перемешивания подземных вод различного генезиса. Этим же автором при замерзании сезонно-талого слоя уже в ноябре-декабре при минус 40–50 °С полностью исключается роль других источников, за исключением подземных, в питании рек и нерестовых гнезд в зимний период. Подчеркивается исключительная роль летне-осеннего осадконакопления в обеспечении уровня подпора грунтовых вод и, как следствие, проточности нерестилищ, а также в увеличении дебита подземных вод и их аккумуляции в таликах в результате протаивания деятельного слоя с максимумом в конце лета. Обычно к апрелю дебит подземных вод достигает минимума и составляет десятые доли от годового стока. В целом же особенность непромерзающих рек северо-востока России заключается в том, что зимний сток за период ледостава не превышает 7 % от годового [Калабин, 1959].

В климатически обусловленной невозможности круглогодичного обеспечения подруслового питания нерестовых гнезд в реках анадырского бассейна С.В. Путивкин [1999] видел причину отсутствия летней формы кеты и горбуши, предпочитающих, как известно, нерестилища, водоснабжение которых обеспечивается подрусловым потоком. При этом кета нерестится на выходе вод подруслового потока, а горбуша — на участках его инфильтрации [Леман, 2003]. В годы высокой численности нерест может проходить и на участках горизонтальной фильтрации воды, но условия инкубации на этих участках и выживаемость эмбрионов в связи с непостоянством температурного режима и водностью рек нестабильны. Численность горбуши при личном опыте авиаучетных работ С.В. Путивкин [1999] оценивал не более чем в несколько десятков тысяч особей. Очевидно, что для периода до конца 20-го века так и было. В 2019 г. после длительного перерыва с борта вертолета было восстановлено авиаобследование нерестилищ анадырской кеты, при проведении которого визуально отмечено, что нерестилища кеты в значительной степени приурочены к типичным выходам подрусловых вод на нижних окраинах кос и полузамытых стариц [Шевляков, Шубкин, 2019]. При этом впервые был отмечен массовый нерест горбуши на типичных для нее предперекатных плесах как в нижнем и среднем, так и в верхнем (р. Еропол, 900 км от устья р. Анадырь) течениях рек анадырского бассейна, а также других рек (р. Туманская). Нерест около 10 млн производителей горбуши в 2019 г. дал урожайное потомство в 2021 г., обеспечившее даже в условиях ограничений суточной переработки сырка вылов в объеме 2,9 тыс. т. Увеличение численности горбуши в первые два десятилетия 21-го века осуществлялось в полном соответствии с аналогичным ростом численности подходов кеты (рис. 1).

Динамика численности горбуши и кеты через призму наступления периодически закономерных пороговых условий на ранних этапах развития. Высокие для Чукотского региона уловы горбуши объемом около 500 т и выше не раз отмечены за более чем столетний ряд наблюдений. Наиболее значимые уловы пришлись на 40- и рубеж между 50 и 60-ми гг. прошлого века. Причем нет абсолютной уверенности, что имеющиеся статистические ряды описывают вылов именно анадырской горбуши: в таких объемах или частично в таких ее могли ловить и за пределами Анадырского залива, к югу от мыса Наварин. Также существует мнение, что горбушу чукотские рыбаки целенаправленно не добывали (не отражали прилов в промысловых документах), по-

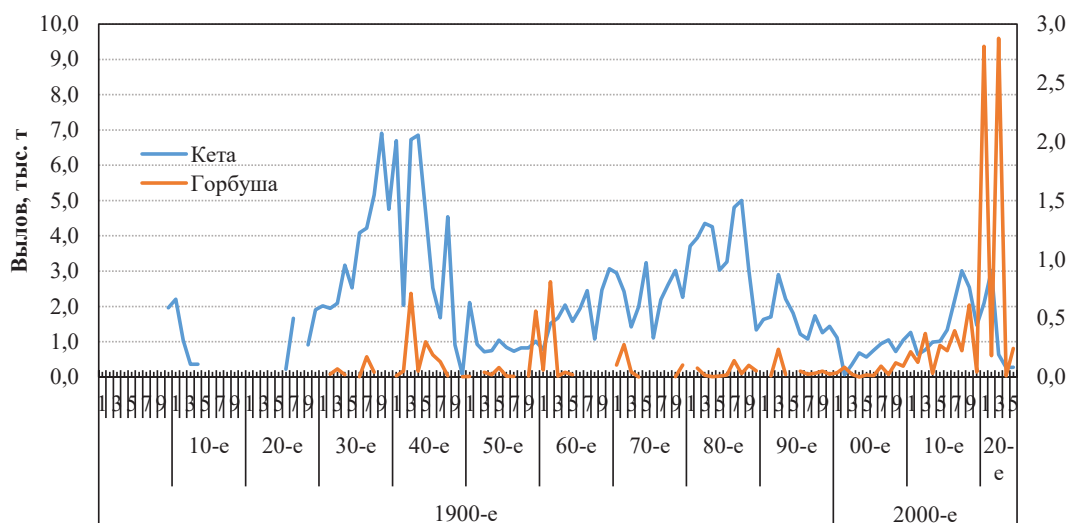


Рис. 1. Динамика вылова анадырской кеты и чукотской горбуши в 2010–2025 гг.

Fig. 1. Dynamics of annual catch for the Anadyr chum salmon and Chukotka pink salmon in 2010–2025

скольку кета, как более ценный вид тихоокеанских лососей, при ограниченных мощностях переработки имела несомненный приоритет в промысле. Из этого следует, что на основании имеющихся данных невозможно выявить причины невысоких уловов горбуши в прошлом. Эти причины могут быть связаны с уровнем и условиями ее воспроизводства и являться следствием специфики организации рыболовного процесса в регионе, ориентированного на добычу кеты. Однако последний пик уловов горбуши, несомненно, стал результатом сочетания высокого уровня запасов и соответствия перерабатывающей базы. Наблюдения за нерестом горбуши в 2019 г., высоким возвратом в 2021 г. однозначно указывают на возможность успешного воспроизводства вида на подрусловом потоке в условиях гидрологического режима анадырской долины, по крайней мере в отдельные годы или периоды. В начале 40-х гг. прошлого века рост уловов горбуши также накладывался на пик уловов кеты и мог быть следствием благоприятного периода в общем климатическом цикле.

Судя по имеющейся многолетней динамике промысла, период полного цикла динамики уловов (соответственно, и запаса) анадырской кеты составляет около 40 лет (рис. 1) и вдвое меньше цикла протяженностью в 80 лет, характерного для кеты российских дальневосточных стад и остальных видов тихоокеанских лососей в целом [Шевляков, Островский, 2025]. Полному циклу длиной 80 лет в точности соответствуют первый и последний пик уловов анадырской кеты и аналогичный период уловов чукотской горбуши (рис. 1), как и показатель колебаний значений зимнего минимума среднемесячной температуры приземной атмосферы в период инкубации икры в ноябре-феврале в районе расположения марковских нерестилищ кеты, а также показатель глобальной температурной аномалии (GLB.Ts+dSST) в поясе 64–90° с.ш. [Бугаев, Тепнин, 2024] (рис. 2). Зимний минимум среднемесячной температуры воздуха в районах воспроизводства кеты более точно маркирует снижение ее продуктивности в современный период, чем индекс глобальной температурной аномалии, четко демонстрирующей сходную с уловами периодичку, но имеющей при этом восходящий тренд в динамике. Показатели зимнего минимума лучше описывают и термические условия (плато 1920–1980-х гг.) на нерестилищах, при которых было возможно поддержание удовлетворительного уровня воспроизводства кеты, достаточного для формирования промежуточного пика в ее уловах в 70–80-е гг. прошлого века. По результатам анализа изменения климата в географически близком районе бассейна р. Пенжина при положительном изменении

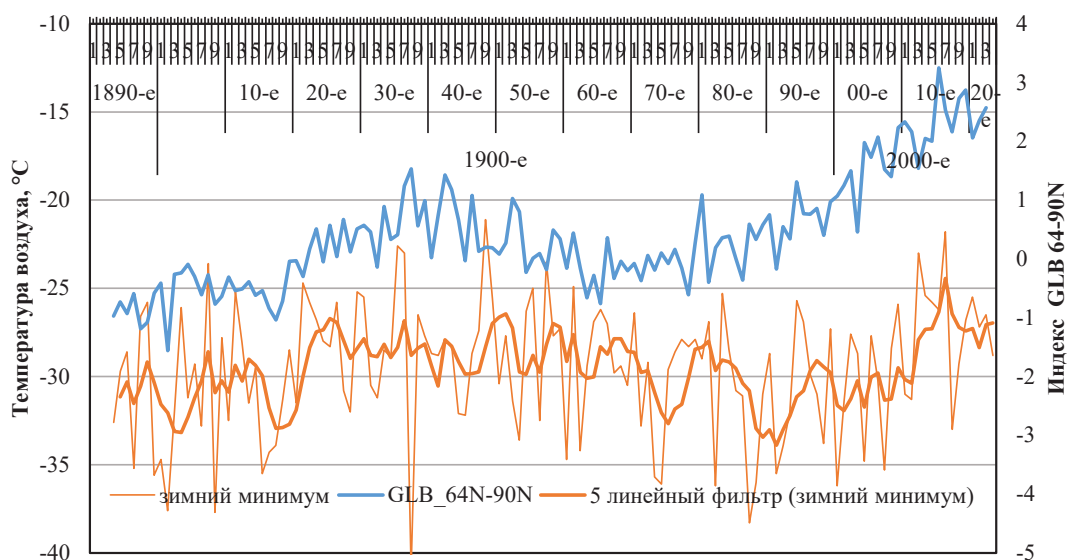


Рис. 2. Динамика показателей индекса глобальной температурной аномалии (GLB.Ts+dSST) в поясе 64–90° с.ш. (голубая линия), зимнего минимума температуры воздуха в районе марковских нерестилищ кеты (оранжевая линия)

Fig. 2. Interannual variations of the global temperature anomaly index (GLB.Ts+dSST) in the 64–90°N zone (blue line) and the winter minimum air temperature at the Markovo spawning grounds of chum salmon (orange line)

среднегодовой температуры воздуха (+1 °C за период 1950–2013 гг.) разница обеспечивалась за счет роста осенних и весенних показателей, зимняя, прежде всего январская, температура имела устойчивый тренд к снижению (на 6,5 °C за этот же период) [Шиловцева и др., 2015; Титкова, Ананичева, 2023]. Такую ситуацию можно отнести к специфике трансформации глобальных климатических процессов до формата конкретных географических, геоморфологических, атмосферных макро- и микроциркуляционных, гидрометеорологических, зональных, сезонных и иных конструкций на местности.

Примечательно, что такие же зональные изменения численности наблюдались и для запасов кеты сопредельного региона Берингова моря — арктической Аляски, рек Кускокуим и Юкон (рис. 3, снизу, статистика NPAFC, широтный пояс 64–90° с.ш.), расположенных значительно севернее Алеутской гряды на одной широте с Анадырем. Тенденции изменений величины запасов сохраняются на всем протяжении сравниваемого ряда, что неопровержимо свидетельствует об определяющем действии климатических факторов на условия воспроизводства кеты арктической зоны. Даже незначительные отклонения от климатической нормы могут стать решающими. Динамика запаса сопредельных арктических трансберингоморских стад кеты наглядно это демонстрирует на протяжении полувекового ряда (рис. 3, снизу). В качестве примера приведем динамику вылова анадырской и североамериканской арктической кеты (рис. 3, снизу) на фоне среднемесячных январских (наиболее холодный месяц) температур воздуха в районе «марковских» нерестилищ, одних из наиболее значимых в р. Анадырь, с лагом 5 лет, т.е. на момент нереста родительских стад (рис. 3, сверху).

Пятилетняя скользящая средняя январских температур вполне соотносится с динамикой воспроизводства анадырской кеты и ее последующим выловом. Отсутствие детализации общедоступных данных (<https://www.pogodaiklimat.ru/>) не позволяет четко формулировать эффект пиковых нагрузок на промерзание нерестовых бутров, тем не менее кривые наглядно демонстрируют, что максимальные возвраты и уловы кеты формируются только в периоды относительного потепления приземного воздуха во время инкубации икры на нерестилищах. И наоборот, снижение температуры воздуха ниже –25 °C практически гарантирует кратное уменьшение эффективности воспроизводства кеты.

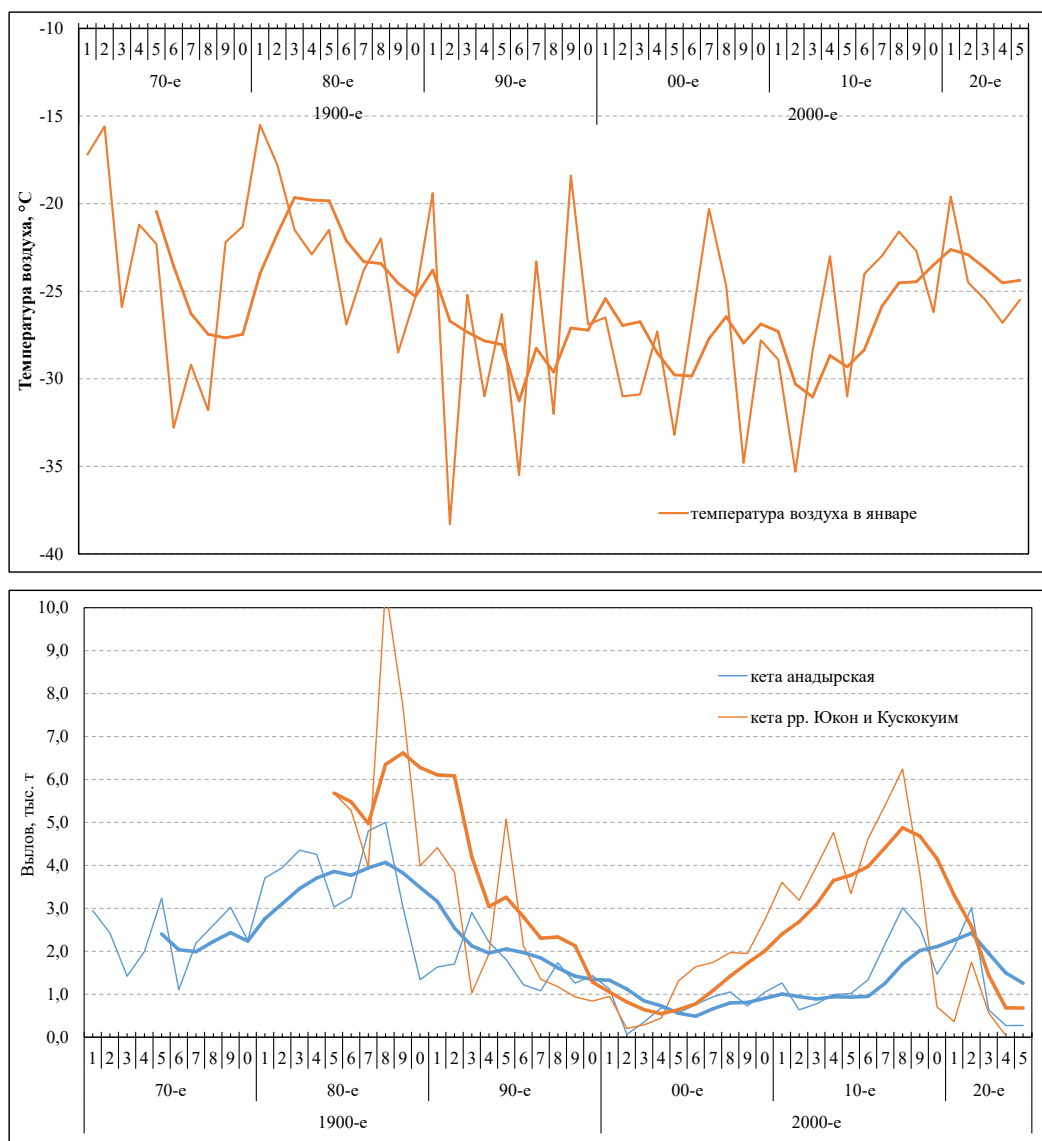


Рис. 3. Динамика хода среднемесячных январских температур в районе марковских нерестилищ и вылова потомков от этих поколений анадырской кеты в 1971–2025 гг. (**сверху**), а также вылова североамериканской кеты рек Юкон и Кукокуим в 1985–2024 гг. (**снизу, жирным** выделено пятилетнее сглаживание)

Fig. 3. Dynamics of mean air temperature for January at the Markovo spawning grounds (**upper panel**) and the catch of offspring for the Anadyr chum salmon in 1971–2025 compared to the catch of chum salmon in the Yukon and Kuskokwim Rivers in 1985–2024, with the 5-year smoothing shown by **bold line** (**lower panel**)

На наш взгляд, динамику численности анадырской кеты и отчасти горбуши можно рассматривать прежде всего в контексте вовлечения в процесс воспроизводства на разных этапах климатического цикла нерестовых площадей разного качества. Под разным качеством нерестовых площадей подразумевается разная обеспеченность отдельных нерестовых площадок и расположенных на них нерестовых бугров бесперебойным притоком воды при изменяющихся фоновых термических характеристиках в течение всего инкубационного цикла икры.

Ранее для анадырской кеты была предложена стратифицированная модель «запас–пополнение» [Шевляков и др., 2021] для высокого, среднего и низкого уровней

воспроизводства (рис. 4). Учитывая специфику процесса воспроизводства в условиях повсеместного залегания многолетнемерзлых пород в районах арктического и субарктического поясов анадырского бассейна, разные уровни воспроизводства можно увязать с этапами общего климатического цикла, характеризующими фоновые условия воспроизводства кеты и определяющими степень вовлеченности в эффективный инкубационный процесс нерестилищ разного качества.

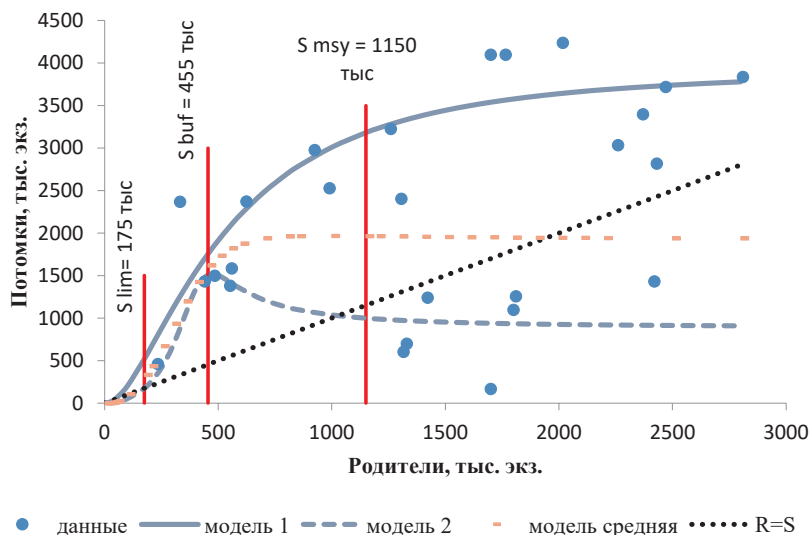


Рис. 4. Ориентиры пропуска анадырской кеты при разных уровнях воспроизводства [Шевляков и др., 2021]

Fig. 4. Limits of escapement for the Anadyr chum salmon, by levels of reproduction [Shevlyakov et al., 2021]

При низком уровне воспроизводства (рис. 4, модель 2) в нем задействованы только максимально эффективные нерестовые площади с акцентированным выходом прежде всего подмерзлотных и, вероятно, отчасти надмерзлотных таликовых вод, обеспечивающих бесперебойный и благоприятный температурный режим поступающих в гнезда грунтовых вод вне зависимости от зимней приземной температуры и характеристик расхода воды в период и в местах инкубации икры. Исторически низкий уровень воспроизводства согласно имеющимся репрезентативным рядам данных по численности поколений кеты соответствует «холодному» периоду конца 60-х — рубежу 90-х гг. прошлого века (см. рис. 2), т.е. как минимум не противоречит логике наших умозаключений. Ограничением по площади таких нерестилищ объясняется и уровень наиболее эффективного пропуска производителей в анадырский бассейн в неблагоприятные периоды воспроизводства — всего около полумиллиона особей согласно модели 2. В свою очередь при превышении данного уровня в силу вступают механизмы плотностной регуляции производителей на нерестилищах, приводящих к еще большему сокращению эффективности нереста из-за гормональных стрессовых перестроек в результате антагонистических взаимодействий самих производителей (рис. 4, модель 2, ниспадающая ветвь) [Подлесных, 2000]. Нерест около 500 тыс. производителей кеты в такие периоды, по-видимому, следует считать оптимальным. Максимальный уровень воспроизводства, напротив, обеспечивает столь же эффективный нерест вдвое большего числа производителей (рис. 4, модель 1). Очевидно, что в периоды относительно более высокой приземной температуры в районе нерестилищ, а также благоприятного режима и других сопутствующих факторов (водного баланса, снежного покрова и др.) все экологически соответствующие нересту кеты речные площади становятся пригодными и эффективными, обеспечивающими максимально возможный уровень ее воспроизводства и производство продукции в объеме 6–8 тыс. т.

Кроме того, по информации, актуальной для 2019–2021 гг., существуют условно «теплые» периоды, когда в процесс воспроизводства вовлекаются и подрусловые воды сезонно-талого деятельного слоя, по-видимому, в такие периоды не промерзающего, способные обеспечивать потребности нереста горбуши и кеты. Вряд ли нерест кеты на подрусловом потоке может сильно повлиять на уровень ее численности. С одной стороны, для того чтобы эти нерестилища были задействованы в воспроизводстве, требуется регулярный избыточный (против оптимума) пропуск производителей кеты на нерест. С другой — такие благоприятные периоды недолговечны, чтобы эти нерестилища стали «системными» и полноценно вошли в нерестовый фонд. Однако для поддержания численности и сохранения потенциала воспроизводства горбуши в анадырском бассейне благоприятные климатические периоды с функционирующим подрусловым потоком чрезвычайно важны и в историческом периоде, вероятно, могли быть значительно более продолжительными.

Получение новых данных об использовании производителями горбуши и кеты нерестового фонда с подрусловым питанием на пике современного «теплого» климатического периода на рубеже первого и второго десятилетий 21-го века создало предпосылки для переосмысления понимания функционирования популяций анадырской кеты в перспективе периодической климатической составляющей.

Современное и перспективное состояния запасов. Как уже ранее упоминалось, для описания динамики численности анадырской кеты была применена стратифицированная для трех уровней запаса резонансная модель [Шевляков и др., 2021]. Учитывая изложенное выше, не исключено, что средний уровень воспроизводства существует лишь гипотетически, фактически же популяционный комплекс анадырской кеты в череде поколений проходит продолжительные периоды низкой продуктивности и функционирует поочередно только в двух состояниях — сокращенного и развернутого нерестового фонда. Ожидается, что к настоящему времени пройден этап высокой численности анадырской кеты и в наступивший период воспроизводство будет осуществляться критически низким числом производителей в условиях сокращения нерестового фонда, что, в свою очередь, приведет к еще большей локализации ядер воспроизводства (рис. 5). Таким образом, в современном периоде численность кеты лимитируется неблагоприятными факторами среды лишь во вторую очередь, дефицит производителей на нерестилищах составляет сотни тысяч особей и не превышает 5 % от потребности для низкопродуктивного периода.

Методика прогнозирования подходов и возвратов тихоокеанских лососей с заблаговременностью в один год основывается на фактологических данных реального возврата уже созревших и вернувшихся рыб смежных поколений, обеспечивающих возврат конкретного года, и еще не вернувшегося остатка этих поколений как известной доли возрастной структуры. Прогнозирование генераций с заблаговременностью более чем на год возможно только на основе моделирования величины поколений [Шевляков и др., 2021].

Численность поколения формируется на основе репродуктивного потенциала, заложенного родителями в виде отложенной в грунт нерестилищ икры, и ее дальнейшей выживаемости в связи с конкретно действующими лимитирующими факторами среды. Соответственно, опираясь на численность фактически наблюдаемого возврата значимого возрастного класса, существует возможность оценить меру этого воздействия на конкретное поколение, скорректировав представления о его численности от теоретических к реальным. Прогнозирование более чем на один год возможно только на основе моделирования по годам-аналогам, таким образом, рассуждения об эффективности воспроизводства конкретных генераций ограничиваются «средними» характеристиками фоновых условий. Тем не менее оценить перспективы воспроизводства через репродуктивный потенциал поколений весьма полезно, хотя бы с точки зрения настройки моделей управления и выработки соответствующих управленческих решений, направленных, например, на снижение пресса промысла, в противовес неконтролируемым явлениям природы, действующим на ресурс как независимая величина.

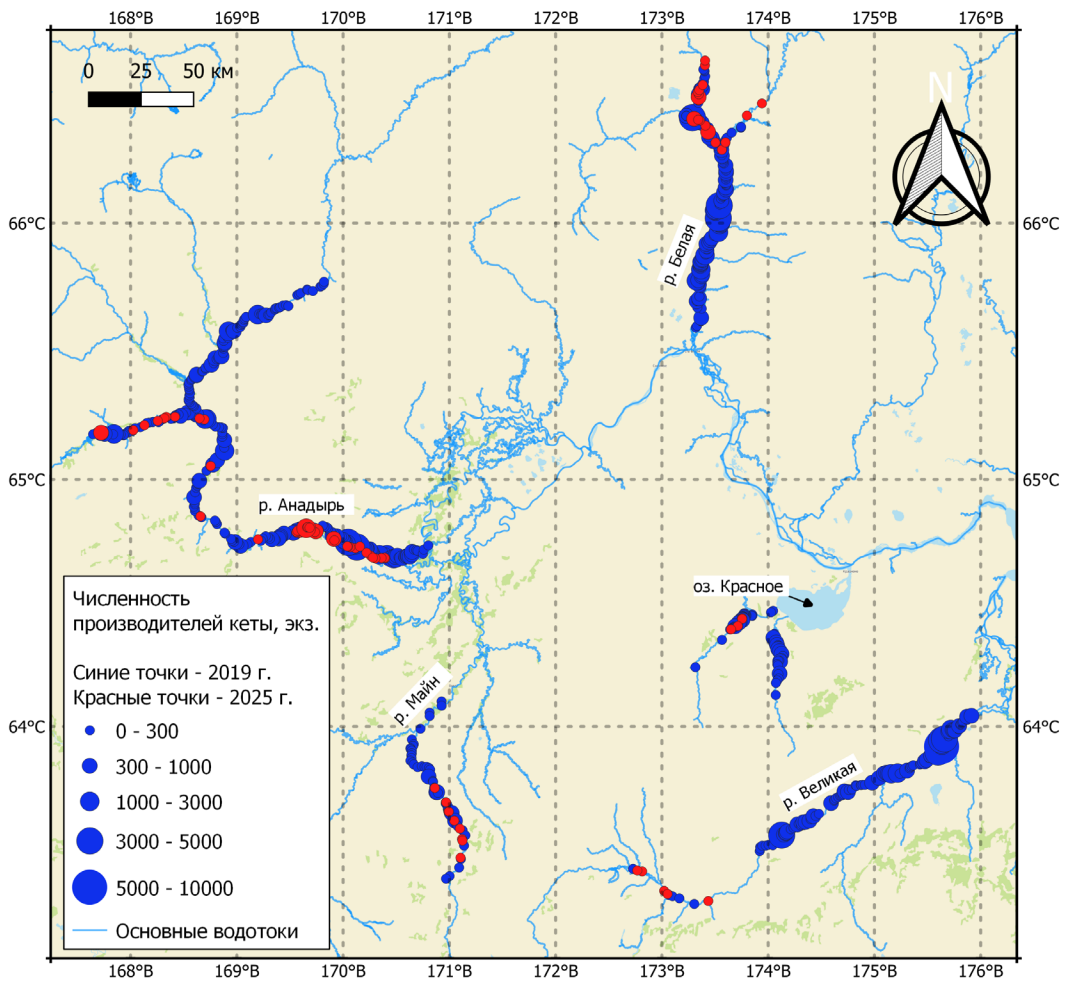


Рис. 5. Распределение и относительная численность производителей кеты в анадырском бассейне в 2019 и 2025 гг.

Fig. 5. Spatial distribution and relative abundance of chum salmon spawners in the Anadyr basin in 2019 and 2025

Запасы анадырской кеты в последние годы испытывали существенное давление промысла, а также неблагоприятных факторов среды. Численность производителей на нерестилищах неуклонно снижалась начиная с 2019 г., достигнув к 2025 г. минимальных за всю историю значений. При моделировании величины поколений использовали параметры модели для страты низкого уровня воспроизводства [Шевляков и др., 2021] (см. таблицу).

Модельная оценка возвратов и уловов анадырской кеты в 2026–2030 гг.
Model assessment of returns and catches of Anadyr chum salmon for 2026–2030

Год нереста	Численность родителей, млн экз.	Численность поколения, млн экз.	Основные группы в поколении		Год возврата	Численность возврата, млн экз.
			4+	3+		
2021	0,120	0,1560	0,0480	0,1020	2026	0,4440
2022	0,470	0,6000	0,4690	0,3840	2027	0,4320
2023	0,210	0,2670	0,0830	0,1710	2028	0,1160
2024	0,100	0,0520	0,0160	0,0330	2029	0,0163
2025	0,010	0,0005	0,0002	0,0003	2030	0,0002

Негативные условия среды, определяющие продуктивность поколений в периоды низкого уровня воспроизводства, обеспечивают также пониженный уровень выживания при малом числе родителей, так называемый депенсационный эффект, при котором воспроизводительная способность популяций перестает обеспечивать даже их равновесное состояние. Таким рубежом (буферным ориентиром) для анадырской кеты в периоды неблагоприятных условий становится уровень пропуска ниже 175 тыс. особей (см. рис. 4), отметим, что и этот уровень пропуска недостижим уже 2 года подряд (см. таблицу).

Налицо вырождение популяции анадырской кеты, по крайней мере на уровне теоретических построений, которые вскоре придется проверить и на практике. Пропуск 100 тыс. производителей в 2024 г. согласно модели приводит к двукратному сокращению потомства по отношению к числу родителей, снижение пропуска до 10 тыс. — к 20-кратному, до уровня возврата сотен рыб (см. таблицу). Судя по фактической и смоделированной динамике формирования поколений, 2026 и 2027 гг. станут последними (рис. 6), когда весь подход необходимо будет пропустить на нерест и обеспечить жесткий режим охраны. В этом случае еще сохраняется перспектива теоретического выхода запасов кеты из депрессии. Следующие за 2027 г. подходы по ожидаемой численности находятся далеко за пределами уровня, способного обеспечить расширенное или прибавочное воспроизводство (см. таблицу). Если не реализовать последние возможности для поддержания самовоспроизводства анадырской кеты, о ее промысловом запасе можно забыть как минимум на очень продолжительный период либо на необозримую перспективу.

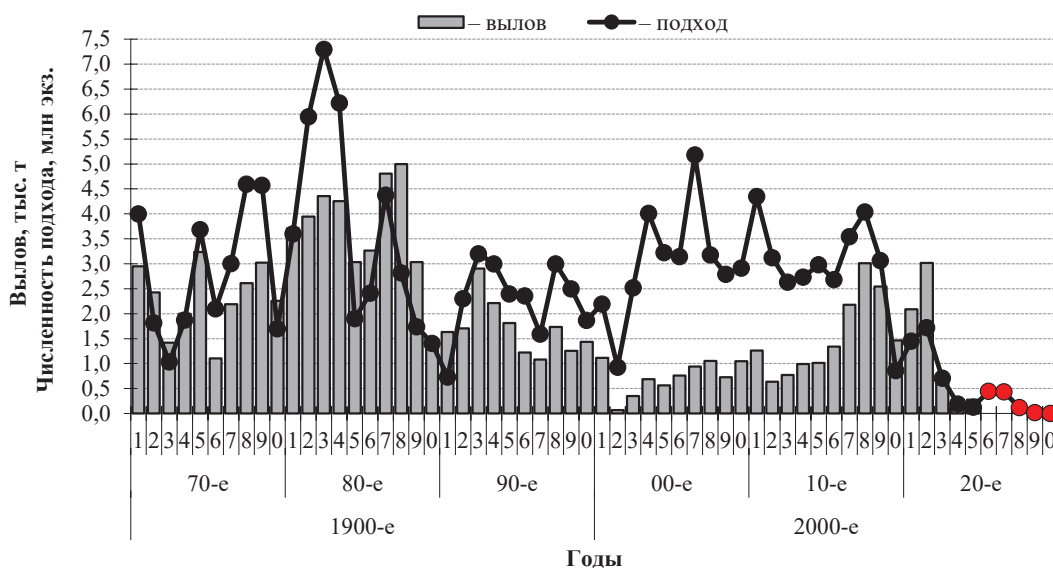


Рис. 6. Численность подходов и вылов анадырской кеты в 1970–2025 гг., прогноз подходов и уловов в 2026–2030 гг. (красный маркер). Численность подходов в период 1993–2019 гг. основана на экспертной экстраполированной оценке заполнения нерестилищ

Fig. 6. Size of runs and annual catches of Anadyr chum salmon in 1970–2025, with the forecast of runs and catches for 2026–2030 (red marker). The size of runs in 1993–2019 is evaluated on the base of expert extrapolated estimation of the spawning grounds occupancy

Подходы к управлению ресурсами в условиях низкой и сверхнизкой численности. Предположительный на текущий момент характер связи падения уровня воспроизводства и численности анадырской кеты с естественными и глобальными процессами динамики атмосферной циркуляции в арктическом регионе указывает на невозможность воздействия на процесс восстановления запасов лососей методами административного реагирования. Сравнительный ряд наблюдений, включая и данные промысловой

статистики, накопленный за весь ретроспективный период, не позволял ранее связать изменения температурных характеристик в местах размножения кеты с атмосферными процессами циклической природы. Связать эти явления в единый цикл позволило начало второго периода уменьшения приземной температуры, обозначившееся в современный период, на фоне диаметрально противоположных изменений в динамике численности кеты. Механизм связи низких температур приземной атмосферы в районе нерестилищ с выживанием кеты в отгонозе в целом понятен, однако на конкретных примерах не изучен, поскольку предварительно выявлен с привлечением данных низкой дискретности и нуждается в более детальном рассмотрении. Оно, в свою очередь, требует привлечения большого массива подробных гидро- и метеоданных с целью изучения комплексного и адресного воздействия экстремально низких температур воздуха (например, не среднемесячных, а в течение их непосредственного периода действия — 2–3 сут), уровня подпора подрусловых вод и высоты снежного покрова на выживаемость икры в нерестовых буграх для того, чтобы оценить, что воздействие летального характера состоялось. Понимание механизмов и предпосылок к снижению выживаемости икры кеты в буграх не поможет его избежать, но позволит лучше осмыслить возможность и периодичность наступления критических уровней воспроизводства для планирования функционирования отрасли на перспективу.

Не исключая тот факт, что сокращение воспроизводства вида в Анадырском лимане и его темпы усугублялись промысловыми нагрузками на возвращающихся потомков низкочисленных поколений, следует внимательным образом пересмотреть размещение и величину промысловых нагрузок, их эффективный размер. До настоящего времени нет четкого понимания распределения нерестовых потоков кеты и других лососей в сечении речного створа при их заходах в лиман и на протяжении всего промыслового участка и в разные приливно-отливные фазы. Практика последних относительно продуктивных по промыслу лет показала, что существующий набор промысловых орудий лова, даже при условии введения режима проходных дней в течение 2–3 сут и более не дает положительного результата в отношении увеличения пропуска производителей на нерестилища. То же справедливо и в отношении орудий лова, используемых в целях традиционного рыболовства в период возврата малочисленных поколений в условиях запрета промышленного рыболовства, т.е. нагрузка оказывается избыточной в обоих случаях, а проходные периоды неэффективны, хотя и нет понимания по какой причине. Означает ли это, что в годы малочисленных возвратов, таких как современные, даже ограниченное число орудий лова для осуществления традиционного рыболовства может полностью его изымать, в настоящее время неизвестно. Так же как и то, что неизвестно оптимально эффективное число ставных неводов в период промысловой эксплуатации стада. Серьезной работы в этом отношении никогда не проводилось, а решения в пользу введения тех или иных промысловых нагрузок принимались оперативно исходя из политической конъюнктуры, складывающейся на момент принятия решений. Очевидно, что ныне действующая промысловая конфигурация избыточна даже в период высокой численности подходов, пространственная расстановка нагрузок также под вопросом.

Понимание причин и продолжительности периодов низкой и сверхнизкой численности запасов лососей в анадырском бассейне, отсутствие рычагов воздействия на этот процесс подталкивают к поиску альтернативных решений по ресурсному обеспечению лососевого рыболовства в регионе — от приоритетного обеспечения питанием коренного населения до промышленного, решающего задачу снабжения продовольствием всех групп населения. При невозможности влиять на условия воспроизводства лососей в ранний пресноводный период их жизни под давлением внешних факторов среды ее можно заменить искусственными условиями производственного процесса в технологическом цикле лососевого рыболовного завода, но при максимально взвешенном и ответственном отношении к естественно сложившимся в процессе эволюции экстремально адаптированным природным популяционным комплексам кеты на арктической границе ареала. Создание в районе Анадырской городской агломерации индустриаль-

ного стада кеты, не вписанного в анадырский речной кластер, не использующего его ресурс и генетический материал, сформированного на основе донорской популяции малой реки, — пожалуй, наиболее гармоничный сценарий комплексного развития лососевого хозяйства в регионе, который требует выполнения отдельного комплекса научно-исследовательских работ для возможности его технического исполнения.

Для стад тихоокеанских лососей арктического и субарктического регионального комплекса эксплуатационная составляющая в их долгопериодной динамике играет не самую существенную роль, по крайней мере не определяющую на этапах естественного снижения рыбопродуктивности экосистем. Данный вывод, в частности, подтверждается и на трансконтинентальном уровне (см. рис. 3), в особенности учитывая кардинальную разницу в элементах управления запасами лососей в России и на Аляске. Ориентация стратегии рыболовства на обеспечение оптимального для данного периода объема пропуска в теории позволяет ограниченное использование ресурса даже в самые неблагоприятные периоды. Сложно судить о продолжительности предстоящего неблагоприятного для воспроизводства кеты периода, однако можно предположить, что он вполне может продлиться около 30 лет, вплоть до начала-середины 2060-х гг.

Заключение

В динамике численности анадырской кеты можно выделить 40-летний цикл, вписанный в двукратно его превышающий 80-летний цикл, соответствующий фазе и длине периода индекса глобальной температурной аномалии (GLB.Ts+dSST). Периоды высокой и низкой численности чередуются примерно каждые 20 лет. В условиях многолетнемерзлых пород нерестовый фонд кеты представлен в виде нерестилищ разного качества, в разной степени позволяющих обеспечить выживание потомства в эмбрионально-личиночный период при экстремально низких зимних температурах. Многообразие и качество нерестилищ зависят от омывающих их подземных вод разного происхождения (условно теплые подмерзлотные и условно холодные надмерзлотные), плотности разгрузки в речное ложе (что не в последнюю очередь связано с силой давления водного столба, а значит, и с осадконакоплением), степени их перемешивания и с водами обратной инфильтрации. В периоды естественной цикличности, соответствующие «холодным», нерестовый фонд анадырской кеты сокращается приблизительно вдвое, до нерестилищ наилучшего качества, и позволяет оптимально нереститься примерно 450–500 тыс. особей. В условно «теплые» периоды нерестовый фонд включает все нерестовые площади с комбинациями подземных вод различного генезиса, а их оптимально эффективная емкость увеличивается до примерно 1150–1200 тыс. особей. На пике термических характеристик климатических циклов, включая исторически последний, вероятно появление классических подрусловых нерестилищ лососей, не промерзающих в зимние месяцы, активно и эффективно используемых, по-видимому, только горбушей. Поскольку такие периоды кратковременны, вспышки численности горбуши не превышают продолжительностью 2–3 циклов ее воспроизводства (4–6 лет) в каждой из генеративных линий, но, вероятно, являются важным фактором для поддержания присутствия и численности горбуши в анадырском бассейне. Полагаем, для воспроизводства кеты подрусловые нерестилища не играют существенной роли.

В годы низкой численности вне зависимости от причин, пространственное распределение производителей кеты в анадырском бассейне резко сокращается от максимально существующего и используемого нерестового фонда [Путивкин, 1999] до очагового, которое, как ожидается, и есть наилучшее по качеству.

Современный уровень запасов анадырской кеты не предполагает промысловое использование ее ресурсов, а также, по-видимому, и в целях коренного рыболовства, учитывая «глубину» исторического момента. Ближайшие два года станут важнейшими с точки зрения оценки перспектив дальнейшего состояния запасов. Отсутствие достаточного для расширенного воспроизводства кеты пропуска в 2026 и 2027 гг. повлечет

длительную депрессию запасов на необозримую перспективу. Здесь большая роль должна отводиться вдумчивому осмыслению существующей проблемы на региональном уровне, проведению соответствующей работы с населением и властями округа.

Выявленные особенности функционирования популяций анадырской кеты, связанные с экстремальными для вида условиями воспроизводства и периодическими колебаниями климата, требуют пересмотра режима эксплуатации стада в перспективе его восстановления. Пропуск производителей кеты на нерест в «благоприятные» и «неблагоприятные» климатические периоды должен происходить на основании динамически изменяющегося нерестового фонда в речном бассейне и обеспечивать оптимальные плотностные характеристики нереста. Однако ни в какие периоды не должен опускаться ниже уровня заполнения наилучших по качеству нерестилищ, т.е. ниже 500 тыс. особей.

Периодика чередования продуктивного и непродуктивного периодов в воспроизводстве анадырской кеты указывает на неразумность формирования мощного производственного кластера на ее базе, не способной обеспечивать в продолжительные периоды малопродуктивных лет вылов более 1 тыс. т в год. Если урожайный уровень уловов принять в пределах 4 тыс. т, то обеспечение его переработки в течение основного нерестового хода (12–15 сут) будет 300 т/сут, а с учетом прохождения 80 % всего анадромного потока в створе 5–60 м от берега [Путивкин, 1999] эти потребности «закроют» 2–4 ставных невода, т.е. вполне «по силам» государственным предприятиям, имеющим здесь рыбодобывающие мощности в требуемом объеме. Также можно предусмотреть объединение КМНС в несколько социально ответственных крупных общин, обеспечивающих как горизонтально-социальные каналы передачи ресурса, так и загрузку государственных перерабатывающих мощностей сырцом. Задачи регулирования и контроля промысла на фоне управления государственным сектором экономики заметно упрощаются, интенсивность нагрузок регулируется числом орудий лова и проходных дней.

Не последняя роль в перераспределении и снижении нагрузки на естественные стада может отводиться формированию искусственного запаса кеты. Основная промысловая нагрузка на запасы анадырской кеты осуществляется в местах наибольшей концентрации коренного населения в прилегающих к Анадырскому лиману и так называемому горлу р. Анадырь городским агломерациям. Именно этот пресс в периоды депрессии запасов анадырских стад можно переложить на искусственно созданное индустриальное стадо кеты. Формирование индустриального стада на основе малой реки, впадающей в лиман, не предполагает использование генетического материала анадырских стад и не затронет их сократившийся репродуктивный потенциал. В качестве донора для маточного стада может послужить популяция любой малой реки юго-восточного побережья Берингова моря, достаточная для поддержания уровня закладки икры на инкубацию в течение нескольких лет.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Автор выражает благодарность сотрудникам отраслевых рыбохозяйственных институтов Н.В. Евзерову, С.В. Путивкину, А.Н. Макоедову, Ю.А. Коротаеву, Е.В. Голубь и многим другим, в разные годы осуществлявшим сбор, обработку и анализ материалов по биологическому состоянию и динамике численности чукотских популяций лососей, в частности анадырской кеты, в этом труднодоступном и суровом уголке России. Коллегам и партнерам в чукотских экспедициях Н.А. Дедереру и С.В. Шубкину — за общение и помощь в подготовке картографического материала.

The author is grateful to N.V. Evzerov, S.V. Putivkin, A.N. Makoedov, Yu.A. Korotaev, E.V. Golub, and many other colleagues from the Fishery Research Institutes, who over the years collected, processed and analyzed the materials on biological state and population dynamics of salmon populations in Chukotka, in particular the Anadyr chum salmon, in this remoted and harsh corner of Russia. Big thanks to N.A. Dederer and S.V. Shubkin, as

colleagues and partners in expeditions to Chukotka, for their warm communication and great assistance in preparing cartographic material for the study.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.
The study has no sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Работа выполнена с соблюдением этических стандартов. Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

The study is conducted in compliance with ethical standards. The author declares no conflict of interest.

Список литературы

Бугаев А.В., Тепнин О.Б. Климат и тихоокеанские лососи : моногр. — Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2024. — 280 с.

Калабин А.И. Вечная мерзлота и гидрогеология Северо-Востока СССР // Тр. ВНИИ золота и редких металлов. — Магадан, 1960. — Т. 18. — С. 145–322.

Калабин А.И. Минеральные источники Северо-Востока СССР : моногр. — Магадан, 1959. — 107 с.

Кирюхин В.А., Коротков А.И., Павлов А.Н. Общая гидрогеология : учеб. для вузов. — Л. : Недра, 1988. — 359 с.

Климентов П.П., Богданов Г.Я. Общая гидрогеология : учебник. — М. : Недра, 1977. — 357 с.

Леман В.Н. Экологическая и видовая специфика нерестилищ тихоокеанских лососей р. *Oncorhynchus* на Камчатке // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. — Владивосток : Дальнаука, 2003. — Вып. 2. — С. 12–34. EDN: JWRFCJ.

Подлесных А.В. Эндокринные аспекты плотностной регуляции численности нерки *Oncorhynchus nerka* в период нереста // Вопр. ихтиол. — 2000. — Т. 40, № 1. — С. 50–55.

Путивкин С.В. Биология и динамика численности анадырской кеты : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ИБМ ДВО РАН, 1999. — 20 с.

Романовский Н.Н. Подземные воды криолитозоны : учеб. пособие. — М. : МГУ, 1983. — 231 с.

Титкова Т.Б., Ананичева М.Д. Использование реанализа ERA5–Land и данных метеостанций в горных районах России для оценки изменения ледниковых систем Восточной Сибири и Дальнего Востока // Лед и снег. — 2023. — Т. 63, № 2. — С. 199–213. DOI: 10.31857/S2076673423020163. EDN: RVIYRN.

Шевляков Е.А., Островский В.И. Вековая динамика запасов и средней индивидуальной массы тихоокеанских лососей Дальнего Востока России через призму климатических циклов и трендов // Изв. ТИНРО. — 2025. — Т. 205, вып. 2. — С. 199–222. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-199-222. EDN: BZQPIL.

Шевляков Е.А., Фельдман М.Г., Канзепарова А.Н. Модели запас–пополнение, ориентиры управления и правила регулирования промысла для основных чукотских стад нерки и кеты // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 3. — С. 735–751. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-735-751. EDN: BMTTDP.

Шевляков Е.А., Шубкин С.В. Обследование нерестилищ тихоокеанских лососей в бассейнах некоторых водоемов Чукотского автономного округа в 2019 г. // Бюл. № 14 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 2019. — С. 199–203. EDN: OBNKYE.

Шиловцева О.А., Шабанова Н.Н., Кононова Н.К. Изменения климата бассейна реки Пенжины во второй половине XX — начале XXI вв. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тих. океана. — 2015. — № 37. — С. 21–32. DOI: 10.15853/2072-8212.2015.37.21-32. EDN: UHMCIP.

References

Bugaev, A.V. and Tepnin, O.B., *Klimat i tikhookeanskiye lososi* (Climate and Pacific salmon), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2024.

Kalabin, A.I., Permafrost and hydrogeology of the North-East of the USSR, in *Tr. Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zolota i redkikh metallov*, Magadan, 1960, vol. 18, pp. 145–322.

Kalabin, A.I., *Mineral'nyye istochniki Severo-Vostoka SSSR* (Mineral springs of the North-East of the USSR), Magadan, 1959.

Kiryukhin, V.A., Korotkov, A.I., and Pavlov, A.N., *Obshchaya gidrogeologiya* (General hydrogeology), Leningrad: Nedra, 1988.

Klimentov, P.P. and Bogdanov, G.Ya., *Obshchaya gidrogeologiya* (General hydrogeology), Moscow: Nedra, 1977.

Leman, V.N., Ecological and species peculiarities of spawning sites for Pacific salmon (*Oncorhynchus*) in Kamchatka area, in *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova* (Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings), Vladivostok: Dal'nauka, 2003, vol. 2, pp. 12–34. EDN: JWRFCJ

Podlesnykh, A.V., Some aspects of energy metabolism in the spawning red salmon *Oncorhynchus nerka*, *J. Ichthyol.*, 2000, vol. 40, no. 2, pp. 131–133.

Putivkin, S.V., Biology and dynamics of the number of Anadyr chum salmon, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: Inst. Biol. Morya, Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk, 1999.

Romanovskiy N.N., *Podzemnyye vody kriolitozony* (Underground waters of the cryolithozone), Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1983.

Titkova, T.B. and Ananicheva, M.D., Using ERA5–Land reanalysis and data from weather stations in the mountainous regions of Russia to assess changes in the glacial systems of Eastern Siberia and the Far East, *Ice and snow*, 2023, vol. 63, no. 2, pp. 199–213. doi 10.31857/S2076673423020163. EDN: RVIYPH

Shevlyakov, E.A. and Ostrovsky, V.I., The century-long dynamics of stocks and average body weight of Pacific salmon in the Russian Far East through the prism of climate cycles and trends, *Rus. J. Mar. Biol.*, 2025, vol. 51, no. 7, pp. 556–574. doi 10.1134/S1063074025700439. EDN: VFGYAO

Shevlyakov, E.A., Feldman, M.G., and Kanzeperova, A.N., Stock-recruitment models, principles of management and rules for regulating the fishery on the main Chukotka stocks of sockeye and chum salmon, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 3, pp. 735–751. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-735-751. EDN: BMTTDP

Shevlyakov, E.A. and Shubkin, S.V., Survey of Pacific salmon spawning grounds in the basins of some water bodies of the Chukotka Autonomous Okrug in 2019, in *Byull. N 14 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 14 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO, 2019, pp. 199–203.

Shilovtseva, O.A., Shabanova, N.N., and Kononova, N.K., Penzhina River basin climate change during the second half of the XX — the beginning of the XXI centuries, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2015, vol. 37, pp. 21–32. doi 10.15853/2072-8212.2015.37.21-32. EDN: UHMCIP

Поступила в редакцию 3.02.2026 г.

После доработки 3.04.2026 г.

Принята к публикации 11.09.2026 г.

*The article was submitted 3.02.2026; approved after reviewing 3.04.2026;
accepted for publication 11.09.2026*