

УДК 597.553.2(282.257.5)

С.Ф. Золотухин¹, А.Н. Махинов^{2*}

¹ Хабаровский филиал научно-исследовательского рыбохозяйственного центра, 680028, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13а;

² Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, 680000, г. Хабаровск, ул. Ким-Ю-Чена, 65

ВНУТРИВИДОВЫЕ ФОРМЫ КЕТЫ И ОСОБЕННОСТИ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА НЕРЕСТОВЫХ РЕКАХ БАСЕЙНА АМУРА

Рассматриваются особенности морфологии и динамики русел рек бассейна нижнего течения р. Амур на нерестовых участках. Приводятся данные о приуроченности нерестилищ к определенным элементам речного русла и гранулометрическом составе аллювиальных отложений на участках нереста осенней кеты. Основу нерестилищ осенней кеты рек низовий Амура составляют участки с выходами подрусловых вод. Рассматривая реки северной части Тихого океана, можно отметить, что кета выбирает для нереста 8 различных участков с 3 типами водоснабжения. Из них в бассейне Амура отмечаются 7 видов нерестилищ, 2 типа водоснабжения.

Ключевые слова: бассейн р. Амур, северная часть Тихого океана, осенняя кета, летняя кета, нерестовые участки рек, морфология русла, русловые процессы.

Zolotukhin S.F., Makhinov A.N. Chum salmon interspecies forms and river-bed activity on the salmon spawning grounds in the Amur basin // Izv. TINRO. — 2010. — Vol. 163. — P. 141–157.

Some features of river bed morphology and dynamics are considered for the pacific salmon spawning grounds in the lower Amur basin. Data on direct relation of fall chum salmon spawning beds to certain elements of river-bed and certain grading of alluvial sediments are presented. Over its natural habitat in the North Pacific, the spawning of chum salmon is possible on spawning grounds related to 8 types of river-bed and 3 types of water supply; 7 of the river-bed types and 2 of the water supply types occur in the Amur basin.

Key words: Amur basin, North Pacific, fall chum salmon, summer chum salmon, spawning grounds, river-bed, river-bed activity.

Введение

Считается, что кета р. Амур изучена хорошо. Еще с конца 19-го века здесь были известны два нерестовых хода кеты — летний и осенний (Крюков, 1894; Бражников, 1900; и др.). Эти темпоральные группировки были названы Л.С. Бергом сезонными расами по четырем дифференцирующим признакам: разное время нерестового хода, разная зрелость гонад во время захода в реки,

* Золотухин Сергей Федорович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, e-mail: sergchum2009@yandex.ru; Махинов Алексей Николаевич, доктор географических наук, заместитель директора, e-mail: iver@iver.ar.khb.ru.

различное время нереста, разные размеры тела и плодовитость (Берг, 1934). Исследования ряда ученых середины 20-го века определили экологические различия этих группировок по условиям нереста (Никольский, 1956; Леванидов, 1969; Рослый, 2002; и др.), считая, что водоснабжение гнезд осенней кеты происходит за счет выходов напорных грунтовых вод (ключей), а летней кеты — воды подруслового потока (Смирнов, 1947; Никольский, 1956; Леванидов, 1969; и др.). В дальнейшем именно на фоне амурской кеты рассматривались особенности популяционной структуры кеты других регионов (Абрамов, 1948; Смирнов, 1975; и др.).

Оказалось, однако, что в 20-м веке исследования экологии нереста амурской осенней кеты проводились в основном в бассейне р. Уссури, и результаты не всегда обоснованно экстраполировались на весь бассейн Амура.

Изучение нерестилищ осенней кеты в низовьях бассейна р. Амур в последнее десятилетие принесло совершенно неожиданные результаты. В 1999 г. было отмечено, что в нижнем течении р. Гур (500 км выше устья р. Амур) водоснабжение большей части гнезд осенней кеты осуществляется за счет вод подруслового потока (Золотухин, Махинов, 1999). В 2008–2009 гг. в бассейнах рек Нимелен, Керби, Нилан (притоки р. Амгунь, бассейн р. Амур) мы убедились, что почти все гнезда осенней кеты расположены на участках подруслового потока. Например, из всех обследованных нами нерестилищ р. Нимелен, крупнейшего притока р. Амгунь, единственным нерестилищем, где преобладает ключевая вода, являлся ключ Камакан (Золотухин, 2009). Оказалось, что это не аномалия.

Новые факты хорошо согласуются с геологическими особенностями бассейна р. Амур, который состоит из двух геоморфологических зон, различающихся строением и историей формирования рельефа. Это верхнеамурская (от верховий Амура до Сунгари) и нижнеамурская (от Уссури до Амурского лимана) геоморфологические зоны (Махинов, 2006). В этих зонах различны морфологические типы рек, а также соотношения питания дождевыми и подземными водами. Для верхнеамурских рек с глубоко врезаемыми террасированными долинами характерны более крутые уклоны, активный транспорт аллювиальных отложений и обилие выходов подземных вод (ключей).

Для нижнеамурских рек, текущих по широким слабоврезанным долинам, характерны устойчивая аккумуляция аллювиальных отложений и крайне редкая встречаемость участков с выходами ключей. Наиболее типичными для осенней кеты, нерестящейся в ключах, являются бассейны рек Уссури и Сунгари. Наиболее типичным участком для осенней кеты, нерестящейся на подрусловом потоке, является бассейн р. Амгунь. Поэтому целесообразно называть типы нереста этих экологических форм кеты уссурийским и амгуньским (Золотухин, 2009).

В районе Нижнего Амура обширная аккумулятивная долина была сформирована лишь в позднечетвертичное время, когда уровень аккумуляции был наивысшим за всю историю формирования рельефа этой территории (Махинов, 2006). Кета, вероятно, не могла массово освоить притоки низовьев Амура прежде, чем там не произошло формирование толщ аллювиальных отложений, достаточных для построения ее нерестовых гнезд и формирования устойчивого подруслового потока. Лишь на новых ландшафтах возникла экологическая форма амурской осенней кеты, которая использовала для нереста не места выходов ключей, а участки с сильным и устойчивым подрусловым потоком воды. Такие участки располагались преимущественно в нижней и средней частях бассейнов нерестовых притоков Амура. Именно эта форма в бассейне р. Амур стала доминировать по численности и является доминирующей по настоящее время. Она также отмечена и на северном Сахалине — части бассейна Палеоамура. Известно, что в периоды регрессии моря в устье р. Амур формировалась широкая дельта с рукавами, уходящими в акваторию Охотского моря. Реки северного Сахалина были в то время связаны с водной системой Амура. Мы ежегодно отмечали нерест осен-

ней кеты на подрусовом потоке в сентябре-октябре 2007–2009 гг. в бассейне р. Орловка (приток р. Поронай, о. Сахалин).

Особенности русловых процессов на нерестовых реках Дальнего Востока изучены слабо. Многие вопросы динамики нерестовых участков рек, преобразования рельефа речного дна в их пределах и другие вопросы требуют дальнейших и более пристальных исследований. Устойчивость русловых процессов на участках лососевых рек является важным фактором длительного существования нерестилищ различных типов. Завалы деревьев, протягивающиеся на десятки метров вдоль реки, нередко являются причиной возникновения новых русел, образования интенсивного бокового размыва и формирования новых нерестилищ.

В связи с новыми знаниями о водоснабжении гнезд осенней кеты мы рассмотрели русловые процессы в районах нерестилищ в бассейне нижнего течения р. Амур более детально.

Материалы и методы

Материалами для данной работы послужили натурные исследования на реках Керби и Нимелен, характеризующихся хорошо выраженной многоруканностью и благоприятными условиями для нереста тихоокеанских лососей.

В конце сентября — начале октября (26.09–04.10) 2008 г. были посещены верховья р. Нимелен. На вертолете Ми-8 и на надувных лодках во время сплава по реке было обследовано русло реки от точки в 20 км до 128-го км от истока. При этом первые 62 км (20–82 км) были обследованы во время маршрута по реке на надувных лодках, остальные 46 км — в процессе аэровизуального наблюдений с борта вертолета с высоты 100 м. В октябре (15–20.10) 2009 г. проводилось детальное обследование нерестовых участков в долине среднего течения р. Керби.

Длина рыб АС измерялась стандартными методами (Правдин, 1966). Температура воды измерялась ртутным термометром ТМ 10 и прибором YSI model 30 (США), которые давали одинаковые показания с точностью до 0,1 °С.

Река Нимелен образуется слиянием небольших горных рек Мата (слева) и Сеямни-Макит (справа) и впадает в р. Амгунь слева, в 5 км к востоку от с. Полины Осипенко на 315-м км от ее устья. Длина реки 311 км (от истока р. Сеямни-Макит — 335 км). Площадь водосбора — 14100 км², общее падение реки — 1458,5 м, средний уклон — 4,4 ‰. Основные притоки Нимелена: Нимнягун (длина — 54 км, площадь водосбора — 777 км²), Омал (159 км, 3700 км²), Упагда (92 км, 1260 км²), Керби (254 км, 3960 км²). Притоков длиной менее 10 км — 110 с общей длиной 293 км (Гидрологическая изученность, 1966).

Результаты и их обсуждение

Морфология русел нерестовых участков рек

Реки Нимелен и Керби берут свое начало на восточных склонах хребта Ям-Алинь, характеризующегося значительными абсолютными высотами (более 2000 м) и сильной расчлененностью рельефа. Речная сеть имеет древовидный тип рисунка. Многочисленные водотоки образуют глубоковрезанные долины с крутыми склонами. Уклоны водотоков велики в верхних звеньях речной сети и снижаются в средних течениях. Эти факторы в сочетании с большим количеством атмосферных осадков обуславливают интенсивное проявление эрозионно-аккумулятивных процессов в речных долинах. Поступление из притоков значительного количества крупнообломочного аллювиального и пролювиального материала в более крупные водотоки способствует активизации в них боковой эрозии. В подобных условиях формируются многоруканные русла. С увеличением размеров реки возрастает ширина днищ долин, достигая в среднем течении рек Нимелен и Керби 1–2 км.

Многорукавные русла рек Нимелен и Керби характеризуются рядом особенностей. Русло на всем протяжении состоит из нескольких рукавов, из которых один, как правило, является главным с наибольшим расходом воды по отношению к другим рукавам. Он нередко бывает меандрирующим, но излучины обычно не достигают значительной кривизны. Второстепенные рукава имеют сложную сеть и небольшую протяженность. Многие из них существенно увеличивают сток во время паводков. Брошенные рукава, дно которых сложено крупной галькой, работают только в высокие паводки. В истоке они часто полностью перекрываются аллювиальными отложениями, но на нижележащих отрезках в них отмечается течение за счет поступления подруслового стока. Здесь образуются затоны шириной 15–25 м и протяженностью в отдельных случаях до 100 м.

Для среднего и нижнего течений изучаемых рек характерна отчетливо выраженная пойменная многорукавность. Пойменные массивы, заключенные между рукавами реки, имеют большие размеры и покрыты густым лесом (чозения, ель, тополь, лиственница, береза) и кустарниками. На пойме часто встречаются следы брошенных русел, на дне которых лежит свежий галечниковый материал, что свидетельствует об активности их во время паводков.

На самом нижнем отрезке реки (около 5 км от устья) имеют медленное течение, русла их становятся очень извилистыми. Современные меандры имеют небольшой радиус. Местами на излучинах меандр русла реки подрезает поверхность плоской заболоченной равнины, образуя высокие (до 4 м) отвесные берега, в устье которых имеются выходы суглинисто-мелкопесчаных отложений, легко поддающихся размыву.

В среднем течении рек Нимелен и Керби ширина зоны активного блуждания русла составляет 0,8–1,2 км. Ширина их по длине рек непостоянна. Наибольшая разветвленность отмечается выше мест впадения в главную реку наиболее крупных притоков. Главное русло имеет ширину от 15–20 до 40–50 м. Глубины изменяются от 0,5 м на перекатах до 2,0 м на плесах. Плесы имеют значительную протяженность, а глубины их вдоль подножий крутых склонов долины достигают местами 2,5 м.

Перекаты наиболее часто приурочены к нижним частям обширных русловых гряд, пересекающих русло и смещающихся вниз по течению реки. На участках перекатов русло либо становится очень широким и мелководным, либо высокими галечно-валунными грядами сжимается в узкий стремительный поток с довольно большими глубинами.

На отдельных участках встречаются глайды — прямолинейные русла с постоянными глубинами воды по поперечному профилю потока и равномерным распределением скоростей течения по ширине реки.

Вследствие извилистости русла и значительного стока крупнообломочных наносов вдоль русел протягиваются галечно-валунные косы. Размеры их разнообразны и определяются конкретными условиями формирования. Обычно их ширина составляет 50–70 м при протяженности до 150–200 м, однако местами они формируют более обширные поля. Как правило, наиболее крупные косы состоят из нескольких генераций, отчетливо выраженных в рельефе, не только одного значительного паводка, но и нескольких паводков. В последнем случае маркирующим элементом возраста подобных образований является растительность.

Особенности русловых процессов

Паводковый режим дальневосточных рек обуславливает интенсивную динамику полугорных и горных рек, характеризующихся значительным объемом аллювиального материала в долинах. Своеобразие русловых форм рельефа заключается в особенностях их строения, сезонных и многолетних переформирований. При этом отмечаются достаточно длительные периоды слабой активности изменений русел рек, проявляющихся лишь на локальных участках. Однако при обес-

печенности наводнений 5–10 % происходят кардинальные изменения пространственного положения русел, сопровождающиеся значительными размывами берегов, формированием новых и отмиранием старых рукавов.

Во время мощных паводков формируются глубокие плесы, которые при последующих менее низких подъемах воды (их может быть 5–7 в течение лета) заполняются наносами. В следующий сильный паводок накопленный материал выносится на внешнюю часть переката, обуславливая быстрое смещение всей системы плес—перекат вниз по течению. При этом размыв берегов достигает нескольких метров за время прохождения наиболее сильного паводка.

Интенсивным переформированием речных берегов способствуют попадания в русла стволов деревьев, образующих заломы. Большинство из них перегораживают реку поперек русла валом различных размеров, состоящим из огромных стволов деревьев. Изредка образуются большие сложные завалы деревьев, протягивающиеся на десятки метров вдоль реки и состоящие из нескольких десятков стволов деревьев. Нередко заломы являются причиной возникновения новых русел, образования глубоких ям и интенсивного бокового размыва.

По расположению относительно русла заломы подразделяются на несколько типов. Наиболее часто образование заломов происходит на достаточно крутых изгибах русла, защищая берег от дальнейшего размыва. Положение таких заломов устойчиво. Широко распространены заломы, формирующиеся на приверхах островов. Здесь они нередко достигают существенных размеров. Их рост часто сопровождается перекрытием одного из рукавов и перераспределением стока воды. Третий тип заломов образуется в истоках второстепенных рукавов, существенно уменьшая или полностью перекрывая сток воды.

Более редкими образованиями являются заломы на прямолинейных или слабо изогнутых берегах рек. В данном случае в их образовании основную роль играют упавшие в русло крупные деревья, не потерявшие связь с берегом. Они становятся своеобразными ловушками для плывущих деревьев.

Особый тип составляют скопления деревьев на вершинах аллювиальных гряд, сложенных крупной галькой и валунами и формирующихся в наиболее высокие паводки. При спаде уровней воды такие скопления оказываются вне руслового потока.

Наконец, на характер русловых процессов оказывают влияние отдельные, как правило, крупные стволы деревьев, задерживающиеся в паводок на высоких косах. Они способствуют локальным размывам поверхности и намывам мелкогалечного или песчаного аллювиального материала в зонах замедления скоростей течения.

Наиболее крупных размеров заломы достигают на участках изгибов русла, образованного крупной и высокой, выдвинутой в русло косой и ответвлением на данном участке одного из рукавов реки.

Пространство между древесиной в заламах заполняется аллювиальными отложениями, в основном несортированными и с отсутствием слоистости. Мощность отложений такого древесного аллювия достигает местами нескольких метров (Нечаев, 1960). Заломы играют большую роль в динамике русловых процессов, способствуя значительным изменениям положения русла в долине, образованию многорукавного русла при достаточно больших уклонах рек.

Специфической особенностью динамики русел рек Керби и Нимелен является отмирание рукавов в результате формирования своеобразных прирусловых валов (баров). Они образуются на участках излучин, имеющих значительную крутизну. При спрямлении излучины и формировании нового рукава вход в старый рукав перегораживается высоким и протяженным валом, состоящим, как правило, из крупногалечного материала. Высота таких валов достигает 3–4 м. Брошенный рукав сохраняет все элементы рельефа русла. Нередко в его пределах формируется затон, широко открытый к руслу реки в его нижней по течению

части. В подобных затонах отмечается слабое течение, поскольку подрусловый сток свободно фильтруется в галечниковых отложениях, которыми сложено дно брошенного рукава реки.

На динамику русел рек Керби и Нимелен существенное влияние оказывает хозяйственная деятельность в долинах, среди которой наибольшее значение имеют горнодобывающая деятельность, вырубка лесов в пойме и строительство лесовозных дорог. При строительстве дорог в пойме, особенно в направлении вдоль русел рек, в условиях высоких паводков происходит размыв дорожного полотна и формирование на его месте значительных по размерам рукавов рек, которые в отдельных случаях становятся главными рукавами.

Разработки россыпных месторождений широко распространены в среднем течении р. Керби и привели к полному преобразованию русла реки на значительном протяжении, что негативно сказалось на условиях нереста. В настоящее время на этом участке реки происходит самовосстановление русла, однако для формирования условий, близких к естественным, потребуется продолжительное время.

Аллювиальные отложения

Аллювиальные отложения рек представлены русловой и пойменной фациями, характерными для горных рек. Русловая фация состоит в основном из галечно-валунного хорошо окатанного материала с незначительной примесью гравия и песка. Ее характерной особенностью является существенная неоднородность аллювиальных отложений в продольном и поперечном профилях днищ долин. Стрежневая фация потока представлена преимущественно глыбами размером 15–20 см. Местами она выстилает дно больших брошенных рукавов на значительном протяжении.

Прибрежные косы, достигающие в ширину 50–70 м, имеют наиболее разнообразный гранулометрический состав. Они сложены в основном мелкими валунами (до 20 см в поперечнике) и крупной галькой II–III классов окатанности. Нередко на косах имеются осложняющие их поверхность отдельные хорошо выраженные гряды, сложенные различными по составу отложениями — более крупными или мелкими. В зонах замедления течений, а также в тыловой части кос отмечаются небольшие участки накопления песчаного материала мощностью до 1,0 м.

Пойменная фация обычно имеет небольшую мощность и не превышает, как правило, 0,2 м. Она представлена темно-серой слабо оглиненной супесью. В пойме, занятой густым лесом, нередко на значительном расстоянии от русла имеются высыпки и небольшие участки песчаного материала, отложившегося во время последних паводков. Такие высыпки создают неровность поверхности поймы с амплитудой до 1,5 м.

Наиболее мелкий по гранулометрическому составу материал, представленный илесто-глинистыми частицами, накапливается в затонах. Его количество в воде невелико, и поэтому значительных по мощности отложений в руслах рек он не образует. Заиление дна происходит в основном в длительно существующих затонах. На первых этапах существования затона мелкий материал покрывает тонким слоем залегающие на дне галечно-валунные отложения.

Приуроченность нерестилищ к элементам руслового рельефа

Типы нерестовых участков с водоснабжением нерестовых гнезд подрусловым потоком. Такие нерестилища, как уже отмечалось (Махинов, 2006, 2008), приурочены к определенным формам руслового рельефа. На реках Керби и Нимелен по геоморфологическому положению нерестилищ в русле выделяется три основных типа. Характерный участок, где отмечались все эти три типа, детально исследован в русле р. Керби 17–18 октября 2009 г. Координаты центральной части участка 52°29,461' N и 135°49,850' E. Высота над уровнем моря — 124 м (рис. 1).

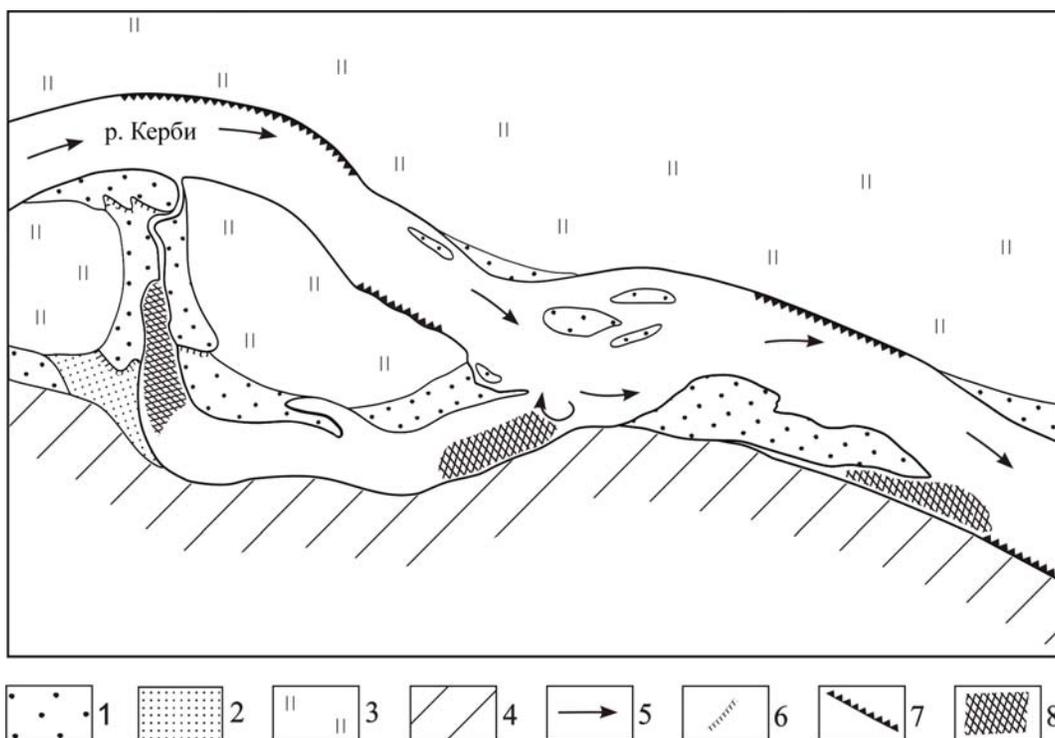


Рис. 1. Три типа нерестилищ осенней кеты со снабжением подрусловыми водами на участке активного переформирования русла: 1 — галечниковые косы и осередки; 2 — песчаные накопления; 3 — пойма; 4 — аллювиальная долина; 5 — направления течения; 6 — уступы; 7 — интенсивно размываемые берега; 8 — участки нерестилищ

Fig. 1. Three types of the fall chum salmon spawning grounds on the actively changing river-bed with hyporheic water supply: 1 — pebble and gravel bars; 2 — sands; 3 — flood plain; 4 — alluvial plain; 5 — current direction; 6 — bench; 7 — eroding river bank; 8 — spawning grounds

1. Верхние участки отмерших протоков (затонов), отделенных от основного русла валунно-крупногалечными отложениями. Они имеют обычно небольшую ширину (1–20 м) и глубину. В них отмечается постоянное течение за счет выхода подрусловых вод. Аллювиальные отложения имеют средние размеры и не содержат илесто-глинистых частиц. Нерестилища в зависимости от протяженности этих протоков бывают одиночными или образуют серии относительно изолированных нерестилищ, площадь каждого из них составляет от 200 до 500 м² (рис. 1, левая часть).

2. Нижние участки отмерших протоков (затонов), расположенные непосредственно перед слиянием их с основным русловым потоком реки. Особенностью таких участков является слабое течение и достаточно большие глубины. Нерестовые бугры располагаются обычно на некотором расстоянии друг от друга, и плотность их меньше, чем в пределах других типов нерестилищ. На этом участке, по сравнению с выше расположенными, менее активно осаждаются илесто-глинистые отложения. Площадь нерестилищ составляет до 500 м² (рис. 1, средняя часть).

3. Основное русло реки ниже крупных аккумулятивных образований (кос). Для этих участков характерны средний состав аллювиальных отложений и их достаточно рыхлое сложение без песчано-глинистого заполнителя. Площадь, занимаемая нерестовыми буграми, составляет 300–700 м² (рис. 1, правая часть).

Нерестовые бугры представляют собой округлые или слабо овальные повышения на поверхности дна размерами преимущественно 1,0–1,5 м и высотой 20–25 см над поверхностью речного дна. С учетом выемок по краям бугра, образованных в результате его строительства, общая высота бугра в центральной части достигает 30 см и несколько снижается к краям.

Бугры сложены преимущественно средней и мелкой галькой (табл. 1). Галька обычно уплощенная, особенно при ее больших размерах. Наиболее крупная галька достигает 12–15 см по средней оси при толщине 3–4 см. Нередко на вершине нерестового бугра имеются скопления наиболее мелкого галечника (1–2 см) с незначительной примесью гравия и крупного песка. На исследованных в р. Керби нерестилищах привлекает внимание отсутствие самых мелкодисперсных фракций грунта.

Таблица 1
Гранулометрический состав отложений в нерестовых гнездах осенней кеты и аллювиальных отложениях в русле р. Керби, %

Table 1
Granulometric composition of soils in spawning beds and alluvial sediments in the Kerbi River channel, %

Размер частиц, см	Гнездо 1	Гнездо 2	Отложения вне гнезд
Менее 1	19,2	11,6	4,9
1–2	32,0	24,7	12,8
2–3	29,2	21,2	31,1
3–4	13,6	21,2	22,5
4–5	3,2	11,0	17,4
5–6	2,8	5,5	5,8
Более 6	–	4,8	4,5

По краям бугра, а нередко вдоль серии рядом расположенных бугров, протягиваются понижения шириной в несколько десятков сантиметров. Их средняя ширина составляет обычно 30–40 см при максимальных значениях до 80 см, а глубина достигает 20 см. В их пределах в речных отложениях отмечается повышенное содержание крупных обломков размером более 15 см, что объясняется изъятием более мелкого материала на строительство нерестового бугра.

Нерестилища, водоснабжение гнезд в которых происходит за счет подруслового потока, очень динамичны и по устойчивости мало сравнимы с теми, в которых водоснабжение осуществляется за счет разгрузки грунтовых вод. При перекрытии истока протоки наносами начинается прогрессивное заиление образовавшейся старицы, что в будущем обусловит выведение из строя этого нерестилища. Поступление в протоку галечного материала резко ограничится, что будет способствовать отложению мелкого по механическому составу материала. Подобные старицы, заиленные в результате перекрытия истока наносами и поэтому переставшие быть удобными участками для нерестилищ, в изобилии были обнаружены при обследовании русла рек Нимелен и Керби.

Наиболее продуктивны нерестилища в протоках, находящихся в стадии устойчивого состояния, когда преобразования их незначительны. В активно растущих (молодых) и отмирающих протоках условия для нереста ухудшаются, и нерестилища постепенно вырождаются. Поэтому устойчивость русел реки является положительным фактором, способствующим нормальному функционированию нерестилищ в течение длительного времени.

Основные факторы негативного влияния на существование нерестилищ на подрусловом потоке связаны с хозяйственной деятельностью. Бассейны рек Керби и Нимелен в среднем и верхнем течениях подвержены антропогенному давлению. Вырубка лесов, которая нередко производится в поймах рек, пожары в их бассейнах, разработка россыпных месторождений золота, несомненно, оказывают влияние на режим стока и динамику русловых процессов. Следует отметить, что хозяйственная деятельность в бассейне реки приводит к увеличению твердого стока реки и, следовательно, к более интенсивному по сравнению с естественными условиями заилению отмирающих протоков.

Участки многорукавного русла реки — слабо устойчивая геоморфологическая русловая структура. Паводки регулярно изменяют морфологию русла. Ин-

тенсивный размыв берегов во время прохождения крупных паводков при густой залесенности поймы обуславливают активное образование заломов и соответственно более динамичное проявление процессов переформирования русел, что усиливает неустойчивость русла и активное преобразование нерестовых участков рек.

Обследованный в 2008 г. участок в истоках р. Нимелен в недавнее геологическое время (25–10 тыс. лет назад) был покрыт ледником. В верхнем течении русло реки врезано в коренные породы, ниже по течению коренные породы перекрыты крупными ледниковыми валунами. Более мелкие по размерам аллювиальные отложения, достаточные для образования нерестилищ тихоокеанских лососей, впервые были отмечены в 1 км ниже устья притока р. Нипна. Здесь 30.09.2008 г. в пойме реки в пределах меандра основного русла реки в гальке величиной 5–20 см и песке были отмечены выходы подруслевых вод с постоянной температурой 7,0–8,0 °С. В основном русле температура воды в течение дня изменялась от 3,5 до 6,5 °С. Размеры рыб и время нереста указывали на то, что особи принадлежали к осенней расе (рис. 2).

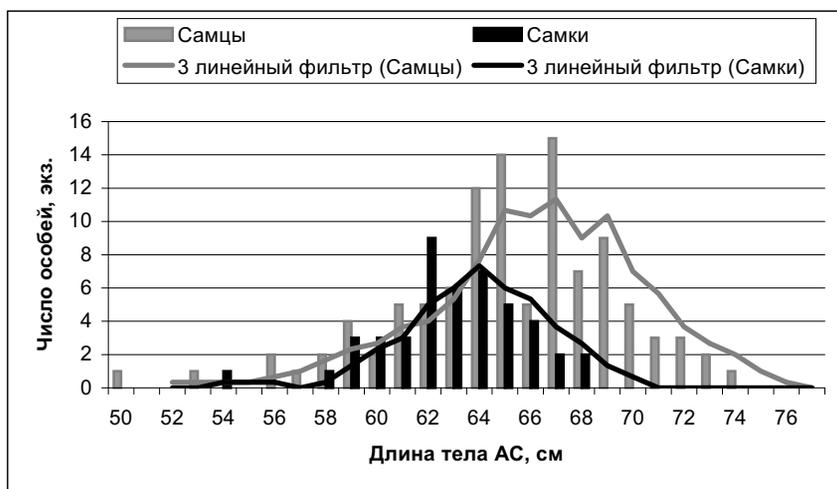


Рис. 2. Длина тела осенней кеты из верховьев р. Нимелен, 2008 г.
 Fig. 2. Body length of fall chum salmon from the upper Nimelen River, 2008

С переходом от верховьев к предгорному участку русла долина р. Нимелен становится широкой, с многорукавным руслом, которое часто изменяется под влиянием паводков. Под руслом р. Нимелен залегают мощные аллювиальные отложения (рис. 3), и нерестилища кеты на выходах подруслевых вод отмечались часто. Температура воды в местах выхода напорных подруслевых вод днем и ночью составляла около 7,5 °С (7,0–8,0 °С), в то время как русловая вода имела четкий суточный цикл от 3,5 до 6,5 °С. Плотность рыб на нерестилищах с подруслевым потоком воды мы рассчитали в ходе пешего маршрута по хорошо видимым нерестовым гнездам и снетке. Она составляла от 20 до 52 особей на 100 м² нерестилищ при соотношении производителей около 1 : 1.

В р. Керби нерестилища осенней кеты также наиболее часто располагаются в истоках отмирающих рукавов — своеобразных рефугиумах динамично меняющегося русла. Отмирающие рукава защищены от паводков и характеризуются наличием стабильного подруслевых потока, в котором благополучно инкубируется икра лососей (рис. 4–6). Плотность отнерестившейся кеты в среднем течении р. Керби составляла от 3 до 46 экз./100 м² (табл. 2). Это была лишь часть общего подхода осенней кеты, так как местность доступна браконьерам и лесопромышленникам по дорогам отличного качества. Так, в протоке в районе ключа Медвежьего (табл. 2, нерестилища № 1–4) было отмечено как минимум 450 брошенных браконьерами рыб. На этой же протоке обнаружены 2 каменные



Рис. 3. Русло р. Нимелен ниже урочища Камакан. Широкая долина с многорукавным меняющимся в паводки руслом

Fig. 3. The Nimelen river-bed downstream the Kamakan mouth — wide valley with multichannel changeable river-bed



Рис. 4. Обсохшая часть нерестилища осенней кеты в протоке многорукавного русла в средней части бассейна р. Керби (нерестилище № 5 в табл. 2)

Fig. 4. Dried portion of the fall chum spawning ground with hyporheic water supply in the side channel of multichannel river-bed in the middle of the Kerbi basin (spawning ground № 5 in the Table 2)



Рис. 5. Нерестилище осенней кеты в протоке многорукавного русла в средней части бассейна р. Керби (нерестилище № 7 в табл. 2)

Fig. 5. Fall chum spawning ground with hyporheic water supply in the side channel of multichannel river-bed in the middle of the Kerbi basin (spawning ground № 7 in the Table 2)



Рис. 6. Нерестилище осенней кеты в протоке многорукавного русла в средней части бассейна р. Керби (нерестилище № 8 в табл. 2)

Fig. 6. Fall chum spawning ground with hyporheic water supply in the side channel of multichannel river-bed in the middle of the Kerbi basin (spawning ground № 8 in the Table 2)

Таблица 2

Плотность отнерестившейся осенней кеты на нерестилищах р. Керби в 2009 г.

Table 2

Density of the fall chum postspawners distribution on spawning grounds
in the Kerbi River in 2009

Нерестилище	Площадь, занятая нерестовыми буграми, м ²	Сценка на нерестилище, экз.; соотношение полов — самцы : самки	Плотность производителей без учета нелегального лова, экз./100 м ²
1. Правый берег Керби. Верхняя часть протоки выше устья ключа Медвежьего	455	72 27 : 45	16
2. Правый берег Керби. Средняя часть протоки выше устья ключа Медвежьего	165	20 2 : 18	12
3. Правый берег Керби. Нижняя часть протоки выше устья ключа Медвежьего	1140	166 78 : 88	14
4. Правый берег Керби. Нижняя часть протоки у устья ключа Медвежьего	606	17 9 : 8	3
5. В русле под правым берегом Керби у пере- езда дороги Бриакан— Камакан (обсохший учас- ток нерестилища № 6) (см. рис. 1, левая часть)	180	61 30 : 31	34
6. В основном русле под правым берегом русла Керби ниже переезда дороги Бриакан—Камакан (рис. 1, левая часть)	1500	100 —	6
7. Правый берег протоки Керби выше переезда дороги Бриакан—Камакан (рис. 1, центральная часть)	750	50 —	6
8. Исток протоки на пра- вом берегу Керби выше переезда дороги Бриа- кан—Камакан (рис. 1, правая часть)	750	350 —	46
9. Исток протоки на пра- вом берегу р. Керби в 12 км выше ключа Медвежьего	350	94 —	27
10. Средняя часть прото- ки на правом берегу р. Керби в 12 км выше ключа Медвежьего	210	87 39 : 48	41
11. Нижняя часть прото- ки на правом берегу р. Керби в 12 км выше ключа Медвежьего	280	144 39 : 105	51

запруды для концентрации кеты в месте, удобном для ее вылова. Эти следы регулярного нелегального рыболовства находятся в 300 м от автомобильной дороги и лагеря лесопромышленников.

Температурный режим исследован 19.10.2009 г. на типичном нерестилище осенней кеты р. Керби (№ 10 в табл. 2, рис. 7). Протока протяженностью 1200 м и шириной от 3 до 20 м находится между склоном сопки со скальным основанием и островом, отделяющим ее от главного русла р. Керби. Температура в основном русле в момент исследований (14–15 ч) составляла 2,6 °С. Выходы подруслового потока в истоке протоки имели температуру воды 3,0 °С. В 200–500 м ниже, где располагались нерестилища, температура воды составляла от 5,4 до 6,7 °С, а в гнездах — 4,9 °С. Поверхность воды со стороны сопки была покрыта льдом толщиной 2 см, что указывало на отсутствие грунтовых вод со стороны водоупора (сопки). В самой нижней части протоки увеличивалась глубина, и температура воды под действием естественного выхолаживания снижалась до 4,8–3,2 °С, приближаясь к температуре воды в основном русле р. Керби.



Рис. 7. Нерестилище осенней кеты в протоке многорукавного русла в средней части бассейна р. Керби (нерестилище № 10 в табл. 2)

Fig. 7. Fall chum spawning ground with hyporheic water supply in the side channel of multichannel river-bed in the middle of the Kerbi basin (spawning ground № 10 in the Table 2)

Нерестовые участки с водоснабжением нерестовых гнезд напорными грунтовыми водами. Единственное место во всем бассейне р. Нимелен, где был отмечен этот тип нерестилищ осенней кеты (на выходах глубинных грунтовых вод), находилось в урочище Камакан. В широкую долину р. Нимелен здесь глубоко врзается невысокий горный хребет, и грунтовые воды разгружаются вдоль этого естественного водоупора в бассейне ключа Камакан. В нижней и средней части бассейна этого ключа градиенты уклона невелики, что создает морфологическое разнообразие русловых форм. Здесь в реокренах, лимнокренах и ключе-

вых протоках находятся обширные нерестилища осенней кеты (рис. 8). Температура воды в точках выходов грунтовых вод круглосуточно составляла 3,5–4,0 °С. Плотность производителей осенней кеты и их численность в этом месте была около 100 особей/100 м², т.е. намного выше, чем на нерестилищах, располагающихся на выходах подруслового потока (20–52 особи/100 м²).



Рис. 8. Реокрен в нижнем течении р. Камакан. Нерестилище осенней кеты с водоснабжением глубинными подземными водами. Снимок сделан с вертолета Ми-8 26.09.2008 г.

Fig. 8. Fall chum spawning grounds with spring water supply in the lower Kamakan, tributary of the Nimelen. The photo from helicopter Mi-8 on September 26, 2008

В Северной Америке водоснабжение нерестовых гнезд кеты неоднотипно. В ранней литературе (1950-х гг.) типы водоснабжения могут быть указаны не совсем точно. Так, описывая нерест кеты в р. Эбернети, Клиффорд Барнер (Burger, 1951) сообщает, что водоснабжение гнезд кеты в этой реке осуществляется за счет подруслового потока (subgravel flow), а гнезда отмечаются на местах просачивания воды через гравий (percolation of water through the gravel), что вполне может быть принято за аналог летней кеты Амура. Но температура воды, которую указывает К. Барнер (40–44 градусов Фаренгейта, т.е. 4,5–6,6 °С), убеждает нас в том, что это выходы ключевых вод. Для небольших рек побережья Орегона и Вашингтона, как и побережья Азии, характерен нерест кеты в местах выхода грунтовых вод. В этом мы имели возможность убедиться лично во время поездок по этим штатам. Также мы отмечали лично, что в р. Эбернети (Abernethy Creek) и некоторых притоках низовьев р. Колумбия (площадь ее бассейна в три раза меньше такового р. Амур) ниже плотины Бонневиль кета нерестилась в протоках на выходах ключевых вод. Нерест осенней кеты в р. Юкон (сроки нереста — сентябрь-ноябрь), судя по архивным данным, отмечался в притоках и болотистых низинах, питаемых ключевой водой (in spring-fed streams and sloughs) (Salo, 1991, p. 236). В нижних притоках р. Колумбия отмечалась форма кеты, которая нерестится “выше турбулентных участков вод” (immediately above turbulent areas) (Salo, 1991). Итак, в архивных материалах по рекам Северной Америки описано три типа водоснабжения гнезд кеты. Современная литература подтверждает высокий уровень разнообразия мест нереста североамериканской кеты. Дж. Моу с соавторами (Mouw et al., 2007) выяснили, что в р. Кветлук

(приток в низовьях р. Кускоквим), Аляска, летняя и осенняя формы кеты (авторы не различали рас) выбирали четыре вида нерестилищ с двумя типами водоснабжения, представляющих вариации взаимодействия поверхностных и грунтовых вод. Первый вид нерестилищ: кета нерестится в основном русле и использует участки трансформации поверхностных вод в подрусовые (даунвеллинг). Второй вид: кета нерестится в основном русле и использует участки с выходами ортофлювиальных (ключевых) вод (апвеллинг). Третий вид: кета нерестится в протоках на участках выхода на поверхность неглубоких парафлювиальных подрусовых вод (апвеллинг). Четвертый вид: кета нерестится в протоках на участках выхода на поверхность глубинных ортофлювиальных (ключевых) вод (апвеллинг). Наиболее распространен третий вид нерестилищ, за ним следует четвертый (Mouw et al., 2007). Что касается рукавов основного русла р. Колумбия, Арнцен с соавторами (Arntzen et al., 2007) отмечали водоснабжение подрусовыми водами с долей грунтовых напорных (ключевых) вод. Они выяснили, что относительная стабильность параметров подрусовой воды на нерестилище в протоке в районе о. Ив (230 км выше устья р. Колумбия) была обеспечена большой долей грунтовых напорных вод. Наоборот, нестабильность параметров подрусовой воды нерестилища в основном русле была обеспечена большой долей речных вод. Факт различия параметров между подрусовыми и речными водами предполагает, по мнению авторов, наличие влияния грунтовых напорных вод в обоих исследованных местах, и кета нерестилась в обоих местах. Авторы считают, что в основном русле р. Колумбия кета в большинстве случаев выбирает для нереста в реке относительно теплые подрусовые напорные воды (Arntzen et al., 2007, p. 29).

Детальные исследования водоснабжения гнезд недавно позволили выявить различные виды нерестилищ кеты и в Азии. В р. Коль, расположенной на западном побережье Камчатки, были отмечены три внутривидовые формы кеты: летняя ранняя, летняя поздняя и осенняя, которые использовали различные виды нерестилищ (Павлов и др., 2009). Камчатская летняя поздняя и осенняя соответствовали амурской летней и осенней, но летняя ранняя, оказалось, нерестится так же, как и горбуша: в местах трансформации руслового потока в подрусовый, т.е. в районе микродаунвеллинга. Обычно это место расположено в конце плеса — начале переката. Аналогичные камчатской летней ранней кете участки нереста были отмечены 13 сентября 2010 г. в р. Иска Сахалинского залива. Здесь на типичном для горбуши месте (микродаунвеллинг в конце плеса перед перекатом) нерестились 38 рыб.

Заключение

Рассматривая реки северной части Тихого океана, можно отметить, что с учетом известных видов нерестилищ на ключевых водах (Леванидов, 1969; Salo, 1991; Золотухин, 2009) в крупных реках (Амур, Юкон, Кускоквим, Колумбия) кета использует 8 различных видов нерестилищ:

1. Основное русло реки ниже крупных аккумулятивных образований (кос) с питанием подрусовыми водами;
2. Нижние участки отмерших протоков (затоны), расположенные перед слиянием их с основным русловым потоком, с питанием подрусовыми водами;
3. Верхние участки отмерших протоков (затоны), отделенных от основного русла валунно-крупногалечными отложениями, с питанием подрусовыми водами;
4. Основное русло реки в районе выходов ключевых вод с питанием ключевыми водами в различных пропорциях с русловыми водами (как правило, русловая вода составляет основу);
5. Притоки в районе выходов ключевых вод (реокрены) с питанием ключевыми водами в различных пропорциях с русловыми водами (как правило, ключевая вода составляет основу);

6. Протоки в районе выходов ключевых вод (реокрены) с питанием ключевыми водами в различных пропорциях с русловыми водами (как правило, ключевая вода составляет основу);

7. Заливы, затоны и озероподобные образования в районе выходов ключевых вод (лимнокрены) с питанием ключевыми водами (ключевая вода составляет основу);

8. Основное русло реки или притока в районе трансформации русловых вод в подрусовые с питанием русловой водой.

Питание нерестовых гнезд на этих нерестилищах можно разделить на три типа водоснабжения:

1) подрусовыми водами (апвеллинг);

2) ключевыми водами (апвеллинг);

3) русловыми водами (даунвеллинг).

Из 8 перечисленных видов нерестилищ в бассейне Амура отмечаются 7, а из 3 типов водоснабжения — 2; не отмеченными являются русловые нерестилища (8) с питанием русловыми водами.

Оказалось, что кета различных рас в целом предпочитает места, питаемые подрусовым потоком. В малых реках побережья кета использует только 1 вид нерестилищ, хотя известны исключения (р. Коль на западной Камчатке и р. Иски, впадающая в Сахалинский залив). Считается, что водоснабжение нерестовых гнезд у тихоокеанских лососей строго видоспецифично (Леман, 2003). Почему же и осенняя, и летняя кета в этом отношении проявляют необычайную пластичность — нерестятся на многих типах нерестилищ? Возможно, выбор типа водоснабжения гнезд не зависит от принадлежности кеты к какой-либо темпоральной группе, как это считалось ранее. Вероятно, уровень разнообразия экологических форм кеты будет соответствовать уровню разнообразия типов водоснабжения нерестилищ кеты, который в свою очередь определяется уровнем разнообразия геоморфологических элементов бассейна реки. Чем крупнее река, тем более разнообразен набор ее геоморфологических элементов.

По нашему мнению, типы водоснабжения гнезд должны строго разделять популяционные группировки кеты условиями воспроизводства. Разные типы водоснабжения нерестовых гнезд должны определять различную сумму температур в зимний период развития икры и, следовательно, различное время ее развития. Учитывая, что время ската молоди летней и осенней кеты одинаковое, физиологическое состояние этих групп молоди и ее размеры в разных условиях инкубации будут различны. В эволюционном плане эти факторы с течением времени могут стать видообразующими. Насколько широко внутривидовое биологическое разнообразие присуще популяционной структуре амурской кеты, может выясниться лишь после целевых генетических исследований, которыми ранее исследовали лишь темпоральные группировки кеты.

Список литературы

Абрамов В.В. Осенняя форма кеты на Камчатке // ДАН СССР. — 1948. — Т. 63, № 1. — С. 89–91.

Берг Л.С. Яровые и озимые расы у анадромных рыб // Изв. АН СССР. 7-я серия. — 1934. — № 5. — С. 711–732.

Бражников В.К. Осенний промысел в низовьях р. Амура // Рыбные промыслы. — 1900. — № 4. — С. 11.

Гидрологическая изученность : Ресурсы поверхностных вод СССР. — 1966. — Т. 18, вып. 1 : Амур. — 487 с.

Золотухин С.Ф. Экологические формы кеты бассейна реки Амур // Бюл. № 4 реализации “Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей”. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2009. — № 4. — С. 148–149.

Золотухин С.Ф., Махинов А.Н. Заломы в нижнем течении р. Гур и их влияние на динамику нерестилищ осенней кеты // Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы,

перспективы : мат-лы Междунар. науч. экол. конф. и 2-й Хабаровской краевой конф. по охране природы. — Хабаровск, 1999. — Ч. 3. — С. 26–28.

Крюков Н.А. Некоторые данные о положении рыболовства в Приамурском крае // Зап. Приамур. отд. импер. рус. геогр. о-ва. — 1894. — Т. 1, вып. 1. — С. 1–87.

Леванидов В.Я. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура : Изв. ТИНРО. — 1969. — Т. 67. — 242 с.

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

Махинов А.Н. Геоморфологическое положение нерестилищ в нижнем течении реки Гур // Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. — Владивосток : Дальнаука, 2008. — С. 45–53.

Махинов А.Н. Современное рельефообразование в условиях аллювиальной аккумуляции : монография. — Владивосток : Дальнаука, 2006. — 232 с.

Нечаев А.П. Аллювий и растительность в поймах горных рек Приамурья // Амурский сборник. — Хабаровск : Приам. фил. Геогр. о-ва СССР. — 1960. — № 2. — С. 168–176.

Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура : монография. — М. : АН СССР, 1956. — 551 с.

Павлов Д.С., Савваитова К.А., Кузищин К.В. и др. Состояние и мониторинг биоразнообразия лососевых рыб и среды их обитания на Камчатке (на примере территории заказника “Река Коль”) : монография. — М., 2009. — 156 с.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. — М. : Пищепромиздат, 1966. — 376 с.

Рослый Ю.С. Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура : монография. — Хабаровск, 2002. — 210 с.

Смирнов А.Г. Состояние запасов амурских лососей и причины их численных колебаний // Изв. ТИНРО. — 1947. — Т. 25. — С. 34–51.

Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей : монография. — М. : МГУ, 1975. — 335 с.

Arntzen E.V., Geist D.R., Panther J.L., Dawley E.M. Total dissolved gas monitoring in chum salmon spawning gravels below Bonneville dam : Final Report. — Portland : Pacific Northwest National Laboratory, 2007. — 35 p.

Burner C.J. Characteristics of spawning nests of Columbia River salmon // Fish. Bull. of the Fish and Wildlife Service. — 1951. — Vol. 52, № 61. — P. 97–110.

Mouw J.E.B., Tappenbeck T., Stanford J.A. and Chaffin J.L. Hyporheic exchange, surface water hydraulics, and redd site selection by chum salmon (*Oncorhynchus keta*) on the Kwethluk river, Alaska // Sustainability of the Arctic-Yukon-Kuskokwim Salmon Fisheries Conference. — Anchorage, Alaska, 2007. — P. 81.

Salo E.O. Life history of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) / ed. C. Groot and L. Margolis // Pacific salmon life histories. — Canada, Vancouver, UBC press, 1991. — P. 231–310.

Поступила в редакцию 1.07.10 г.