

УДК 597.553.2:597-146.5

**ПОЛИМОРФИЗМ СЕМЕННИКОВ У ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ
ЛОСОСЕЙ Р. *ONCORHYNCHUS***

Н.В. Пукова, Е.В. Микодина, Н.В. Кловач, А.Л. Королев, А.В. Новиков (ВНИРО)

Развитие, строение и функционирование репродуктивной системы рыб является одним из важных показателей оценки состояния их организма и популяции в различных условиях обитания. В последние годы у разных видов рыб из различных естественных водоемов возросла встречаемость аномалий (фенодевиантов) в строении тела, и особенно — гонад (семенников), что многие исследователи связывают с интенсивным возрастанием антропогенной нагрузки на водоемы [Селюков и др., 1994; Савваитова и др., 1995; Решетников и др., 1995, 1999; Павлов и др., 1999; Шарова, Лукин, 2000]. Ранее у рыб аномалии в строении семенников были описаны только после воздействия хронического облучения в экспериментальных условиях [Воронина, 1974], а в последние годы они были обнаружены у рыб из водоемов, подвергшихся воздействию аварии на Чернобыльской АЭС [Макеева и др., 1994; Белова и др., 1998]. Отклонения от нормы в строении половых желез предложено использовать в качестве индикатора при определении степени благополучия существования той или иной популяции [Акимова и др., 2000].

В 1998 г. у тихоокеанской кеты *Oncorhynchus keta* из 4-х нерестовых рек острова Сахалин в период анадромной миграции впервые было обнаружено значительное число самцов, имеющих анатомические отклонения в строении семенников [Mikodina et al., 1999]. До этого было лишь одно упоминание об аномалии строения яичников у одной особи кеты [Воловик, Гриценко, 1968], а у самцов нарушений анатомии семенников отмечено не было.

Настоящее исследование проведено для оценки состояния здоровья популяций дальневосточных лососей по анатомическим отклонениям в строении гонад самцов из разных регионов ареала и динамики их числа в период 1998–2000 гг.

Материал и методы. Материал для настоящего исследования был собран в различных регионах ареала тихоокеанских лососей: в нерестовых реках острова Сахалин в сентябре – октябре 1998–2000 гг., в 1998–1999 гг. — в реках Тымь, Пиленга, Ударница и Калининка, на забойках Адо-Тымовского лососевого рыбоводного завода (ЛРЗ), Пиленга-Годо ЛРЗ, Охотского ЛРЗ и Калининского ЛРЗ, а в 2000 г. — еще и в ручье Рыбоводный бассейна реки Поронай, на забойке Побединского ЛРЗ.

Рыб подвергали биологическому анализу. Для обозначения аномалий семенников использовали сокращение — «ф», которое является производным от слова «фенодевианты» [Савваитова и др., 1995]. Аномалии в строении гонад регистрировали фотографически с помощью камеры «Canon EOS 300». В 1998–1999 гг. морфологию семенников оценивали по 6-балльной шкале, в 2000 г. — по 22-балльной. В пресноводных водоемах всего проанализировано 3126 самцов разных видов дальневосточных лососей. На острове Сахалин изучены 996 самцов кеты из разных нерестовых рек и 15 самцов симы с Охотского ЛРЗ, на северо-охотоморском побережье — 100 самцов кеты из реки Тауй и 103 — из реки Яна, а также 200 самцов кижуча и 100 — горбуши, выловленных в реке Яна. На

западном побережье Камчатки изучено: в устье реки Большая 34 самца летней нерки, 98 — кеты, 105 — горбуши, 102 самца — кижуча; в реке Плотникова — 642 самца кеты, 84 — нерки, 1 самец кижуча; в реке Облуковина — 78 самцов горбуши, 124 самца кеты, 16 самцов нерки, 4 самца кижуча и 3 — чавычи. На западном берегу Татарского пролива подвергнуто анализу 48 самцов горбуши и 24 самца кеты. На островах Курильской гряды строение семенников обследовано у 147 самцов горбуши и 30 самцов гольца из водоемов острова Парамушир, а также — у 41 самца кижуча, 15 самцов горбуши и 16 самцов гольца из рек острова Онекотан.

В период морского нагула изучена морфология семенников лососей у 1420 особей. В том числе в Северо-Западной Пацифике обследовано 296 самцов, из них в Западно-Беринговоморской промысловой зоне 16 самцов, в Карагинской промысловой подзоне — 69, Петропавловско-Командорской — 185, Северо-Курильской — 26 самцов. В Охотском море проанализировано 1124 самца лососей, в том числе в Камчатско-Курильской промысловой подзоне — 40, в Восточно-Сахалинской подзоне — 490 самцов кеты, 459 — горбуши, 135 — кижуча.

Авторы выражают искреннюю благодарность за помощь в сборе материала сотрудникам ВНИРО — ст. научн. сотр. канд. биол. наук. В.М. Стыгару, аспирантам С.В. Пьяновой и О.В. Зайцевой, студентам-лаборантам Д.А. Сажину и Г.Н.Маркевичу, а также инспекторам Камчатрыбвода и сотрудникам ЛРЗ «Озерки».

Результаты. Полиморфизм семенников у дальневосточных лососей. У самцов тихоокеанских лососей семенники IV и V стадий зрелости представляют собой парные удлиненные железы, лежащие в дорзальной части полости тела

вдоль всего плавательного пузыря и по сторонам от него. В поперечном сечении они округлые, иногда уплощенные. У этих самцов оба семенника обычно окрашены в молочно-белый цвет. Они одинаковой длины, с ровной, гладкой поверхностью и краями, без добавочных образований (долек, лопастей) (рис. 1).

Семенники самцов кеты по их анатомии можно отнести к аци-

нозному (циприноидному) типу, характерному и для некоторых европейских лососевых рыб — атлантического лосося и кумжи [Турдаков, 1972; Мурза, Христофоров, 1991]. Часть исследованных нами самцов тихоокеанских лососей имеет семенники именно такого строения.

У другой части самцов из разных популяций существуют разнообразные отклонения от описанного строения семенников циприноидного типа. Зарегистрировано 22 типа различных отклонений (фенодевиантов — «ф»), или аномалий семенников, которым даны следующие краткие обозначения: 1 — кровоизлияния на поверхности семенника («ф»); 2 — в гонаде имеются перетяжки («ф1»); 3 — в гонаде имеются одна или несколько добавочных долей («ф2»); 4 — перехлесты тела гонады вокруг своей оси («ф3»); 5 — перекручивание семявыносящего протока («ф4»); 6 — недоразвитие каудальной части семенника («ф5»); 7 — уменьшение размеров одной из гонад («ф6»); 8 — сжатие тела с боков («ф7»); 9 — нахлест одной части гонады на другую («ф8»); 10 — латерально подогнутые гонады («ф9»); 11 — сужение тела гонады («ф10»); 12 — утолщение тела гонады («ф11»); 13 — неровные края гонады («ф12»); 14 — продольные борозды на теле семенника («ф13»); 15 — каудальная часть загнута вниз («ф14»); 16 — краниальная часть гонады подогнута вниз («ф15»); 17 — гонада грушевидной формы («ф16»); 18 — гроздьевидная фрагментарность тела гонады («ф17»); 19 — фестончатые края («ф18»); 20 — расширение сосудов (гиперемия) гонады («ф19»); 21 — изменение окраски («ф20»); 22 — опухоли на гонадах — («ф21»).

Дискуссионным является наличие таких двух типов отклонений во внешнем виде семенников, как кровоизлияния (гематомы) на поверхности («ф») и

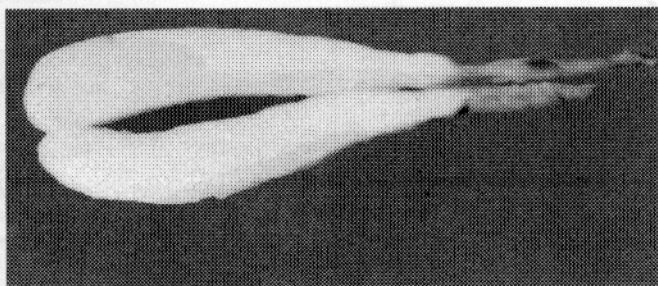


Рис. 1. Нормальный вид семенников

гиперемия гонады вследствие переполнения расширенных сосудов кровью (сосудистый стаз) («ф19»). Рыбаки обычно считают их появление результатом неосторожного обращения с рыбой при выборке ее из орудий лова или хендлинга, например оглушения рыбы при рыболовных манипуляциях. По нашим наблюдениям, и при одинаковой системе выборки рыб из сетей, например при морском дрифтерном промысле, и на рыболовных заводах гематомы на теле гонад самцов имеются не у всех рыб. По мнению ряда авторов [Моисеенко, Лукин, 1999], гематомы и сосудистый стаз являются клиническими симптомами при разных видах патологии, в том числе интоксикации. Кроме этого, у некоторых самцов цвет семенников изменен на бурый, что мы также считаем отклонением от нормы.

Такие два отклонения от описанной вначале нормы строения семенника у кеты, как одна или несколько добавочных («ф2») долей (рис. 2,А) и продольные борозды («ф13») на теле семенника (см. рис. 2,Б), ранее считались обычными для семенников циприноидного типа [Кулаев, 1998] и принимались за норму. Однако позднее, в эпоху выраженного антропогенного загрязнения водных экосистем, наличие в семенниках сиговых рыб большого количества добавочных долей стали относить к нарушениям внешней морфологии половых желез, т.е. аномалиям [Савваитова и др., 1995; Чеботарева, 1996, 1997; Павлов и др., 1999]. Поскольку добавочные доли отмечены нами не только у кеты, но и у кижуча (см. рис. 2,В), причем в весьма выраженном виде, наличие добавочных долей в семенниках тихоокеанских лососей мы принимали за аномалию. Таким образом, из двух вышеперечисленных типов отклонений в строении семенников кеты к аномалиям, по нашему мнению, относится только наличие продольных борозд на теле семенника.

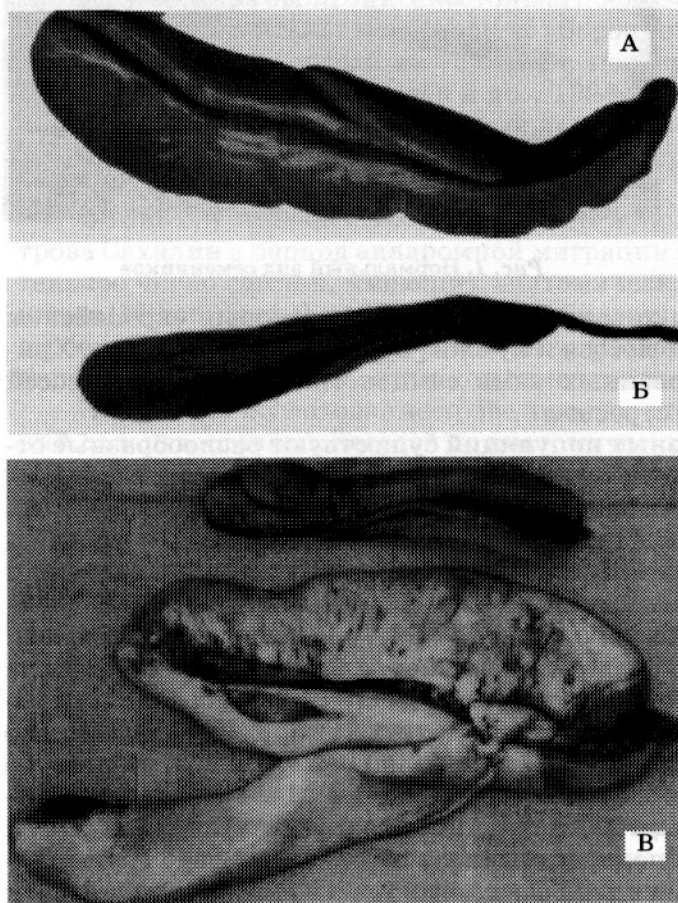


Рис. 2. Анатомические отклонения в строении семенников тихоокеанских лососей в период анадромной миграции: А, Б — морская кета; В — кижуч; Ф2 — добавочные доли, Ф13 — продольные борозды на теле семенника

С.И. Кулаев [1998] отмечал, что у некоторых пресноводных рыб, имеющих семенники ацинозного типа, например у плотвы *Rutilus rutilus* L, в средней части гонады, ближе к краниальному отделу, имеется угловатый выступ, возникающий вследствие заполнения ими перетяжки в плавательном пузыре. У кижуча, а также других видов дальневосточных лососей — кеты, сима и горбуши, в отличие от плотвы, на вентральной части семенников угловатого выступа нами не обнаружено (рис. 3,А, Б, В, Г), в связи с чем появление таких выступов у кеты, а также горбуши и кижуча можно отнести к аномалиям. Однако такой тип отклонений в строении семенников у дальневосточных лососей за 3 года исследований нами ни разу не обнаружен.

У самцов тихоокеанских лососей разных видов весьма многочисленны такие аномалии строения гонад, как перетяжки («ф1»). Различны степень выраженности перетяжек в семеннике разных самцов и их количество в одной

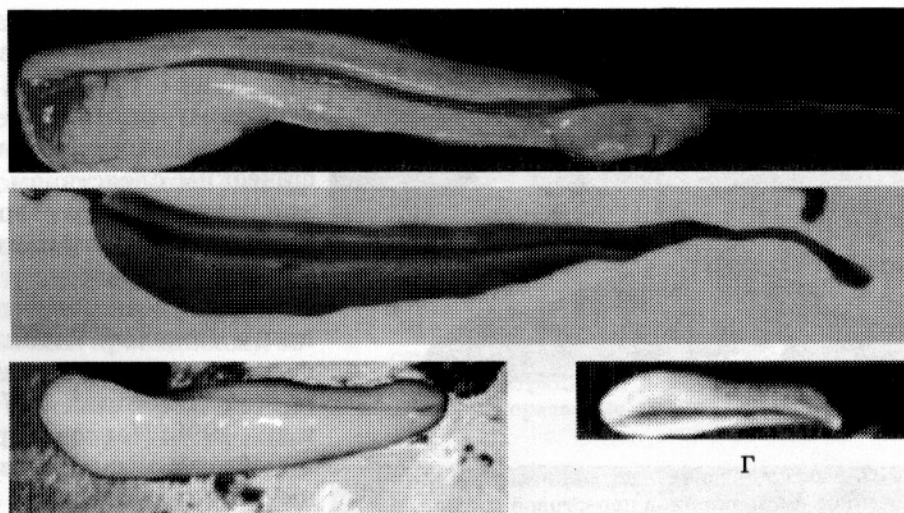


Рис. 3. Анатомическое отклонение в строении семенников тихоокеанских лососей в период анадромной миграции: А — кижуч; Б — кета; В — сима; Г — горбуша; Φ19 — расширение сосудов

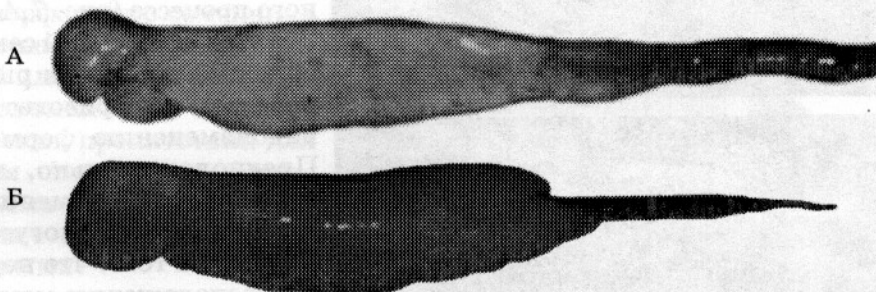


Рис. 4. Анатомическое отклонение в строении семенников тихоокеанских лососей в период нереста: А — речная кета; Б — кижуч; Φ1 — перетяжки

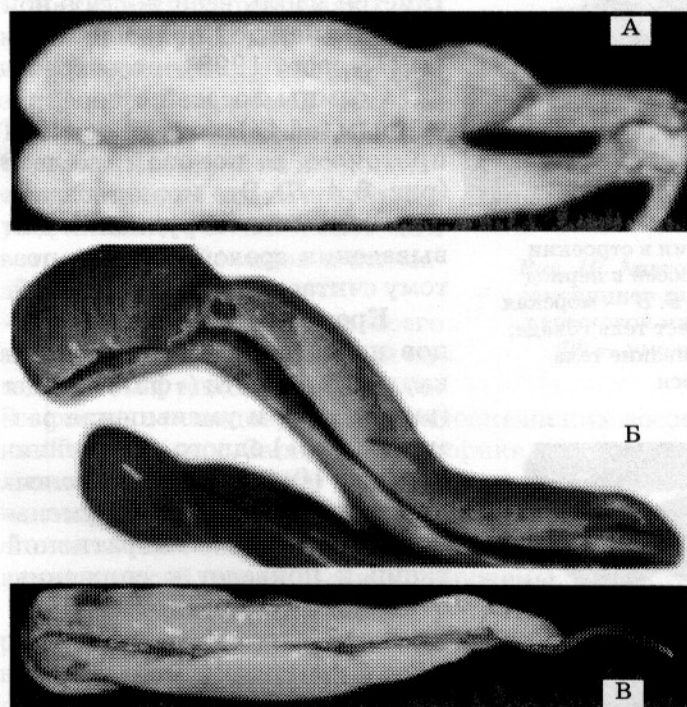


Рис. 5. Анатомические отклонения в строении семенников дальневосточных лососей в период нерестовой миграции: А — речная кета; Б — морская кета; В — кижуч; Г — горбуша; Φ12 — неровные края; Φ18 — фестончатые края

гонаде (рис. 4, А, Б), а возникают они при соединительнотканном перерождении части генеративной ткани семенника, что показано как для других видов рыб [Воронина, 1974; Савваитова и др., 1998; Белова и др., 1998; Павлов и др., 1999; Таликина и др., 1999], так и для дальневосточных лососей [Mikodina et al., 2000]. Мы считаем, что начальные этапы формирования перетяжек выражаются в неровных («Φ12») или фестончатых («Φ18») краях гонады (рис. 5, А, Б, В, Г), а при максимальном развитии процесса резорбции ткани семен-

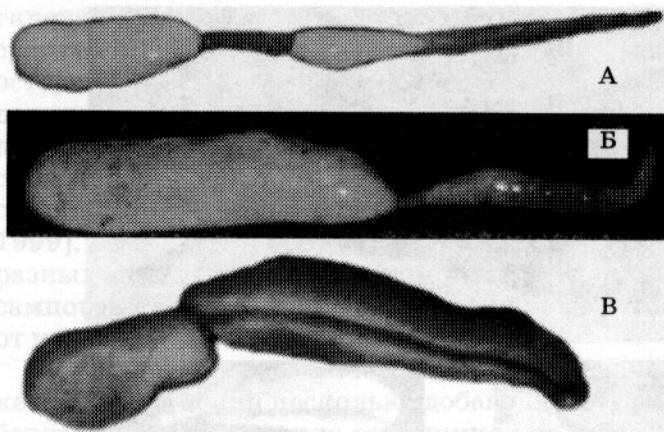


Рис. 6. Анатомическое отклонение в строении семенников кеты в период нерестовой миграции: А, Б — речная кета; В — морская кета; Ф17 — фрагментарность

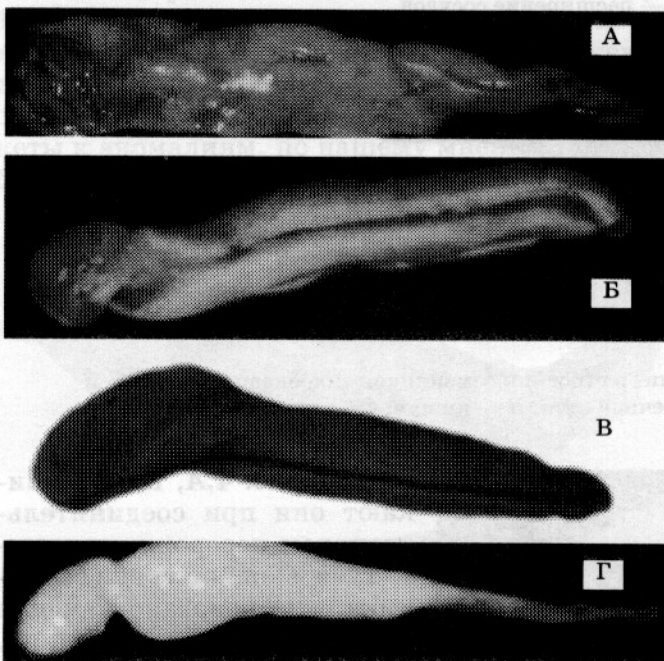
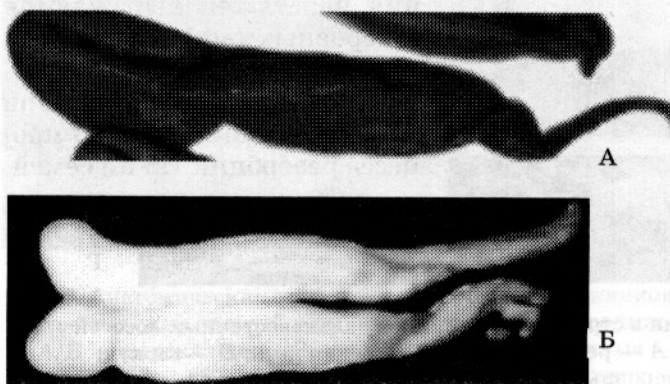


Рис. 7. Анатомические отклонения в строении семенников дальневосточных лососей в период нерестовой миграции: А — кижуч; Б, В — морская кета; Г — речная кета; Ф8 — нахлест тела гонады; Ф3 — перехлест или перекручивание тела гонады вокруг своей оси



ника через дольчатость («ф2») появляется его фрагментарность («ф17») (рис. 6, А, Б, В). По-видимому, описанные выше типы аномалий являются неспецифическим следствием воздействия различных факторов среды, в том числе ее антропогенного загрязнения, поскольку такие же аномалии возникают при влиянии и тяжелых металлов, и радиоактивного поражения разного типа [Воронина, 1974; Белова и др., 1998; Павлов и др., 1999].

Аномалии строения семенников типа нахлесты («ф8») и перехлесты или перекручивание тела гонады вокруг своей оси («ф3») также отражают разную степень выраженности одного процесса (рис. 7, А, Б, В, Г). Эти типы аномалий семенников описаны у сиговых рыб, но неизвестно, что приводит к такому видоизменению формы гонад. Предположительно, нахлесты и перехлесты семенников вокруг своей оси могут возникнуть из-за того, что нормальному расположению мешают внутренние органы.

В норме выводной проток семенника циприноидного типа тянется вдоль всей дорсальной стороны каждой половой железы [Кулаев, 1998], но встречаются самцы лососей с переключенным («ф4») семявыносящим протоком в половой железе (рис. 8, А, Б). Это может создать механические затруднения для выведения зрелой спермы, поэтому считается нами аномалией.

Кроме этого, у многих самцов наблюдаются недоразвитие каудальной части («ф5») гонады (рис. 9, А, Б) и уменьшение размеров («ф6») одного из семенников (рис. 10, А, Б, В), что в конечном счете выражается в уменьшении объема генеративной ткани и приведет к снижению объема продуцируемой спермы.

Рис. 8. Анатомическое отклонение в строении семенников кеты в период нерестовой миграции:

А — морская кета; Б — речная кета; Ф4 — переключивание семявыносящего протока в половой железе

Часть аномалий строения семенников возникает, по-видимому, из-за того, что нормальному расположению половой железы в полости тела «мешают» внутренние органы. Нередко семенники дальневосточных лососей сжаты с боков («ф11») так, что тело гонады частично или полностью закрывает собой магистральный кровеносный сосуд и семявыносящий проток, который в норме проходит по дорзальной поверхности семенника, слегка погружены в *hilus* и хорошо различимы. Несколько отличается по внешнему виду от описанного сужение тела гонады («ф10») или ее утолщение («ф11») (рис. 11, А, Б, В, Г). Изменяют морфологию семенника его дорзально подогнутые краинальный или каудальный концы. Эти аномалии не создают механических препятствий для выведения спермы, не уменьшают объема генеративной ткани, в связи с чем мы не считаем их истинными.

Все перечисленные выше типы аномалий строения гонад у дальневосточных лососей отмечаются и у других видов рыб в пресноводных водоемах с повышенным уровнем техногенного загрязнения, например у сиговых из водоемов острова Таймыр [Павлов и др., 1999]. Однако ни в одной из имеющихся публикаций мы не встретили упоминания о 80–100%-ной встречаемости самцов с аномалиями семенников.

Отмечено, что чаще всего аномальным является левый семенник или видоизменены оба.

В отличие от самцов, у самок тихоокеанских лососей аномалии гонад крайне редки. Так, в Северо-Западной Пацифике доля самок кеты с анатомическими аномалиями яичников в 2000 г. была равна 0,3%, горбуши — 0,89%, у нерки и кижуча таких гонад не было. В Охотском море, например, количество самок кеты с аномалиями гонад было несколько большим, составив 1,6%, а у самок других видов лососей они не были обнаружены.

Из изложенного выше следует, что у разных видов дальневосточных лососей р. *Oncorhynchus* в период с 1998 по 2000 г. имелись множественные анатомические отклонения в строении половых желез, преимущественно в семенниках самцов. Они подразделены нами на две группы: 1) анатомические отклонения, не влияющие на продукционные качества самцов, именуемые фенотривиантами и 2) анатомические отклонения, снижающие репродуктивные показатели самцов, т.е. истинные аномалии. Причины их возникновения не были предметом настоя-

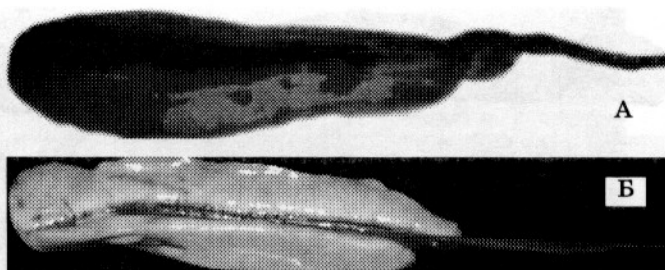


Рис. 9. Анатомическое отклонение в строении семенников дальневосточных лососей в период нерестовой миграции: А — морская кета; Б — кижуч; Ф5 — недоразвитие каудальной части гонады

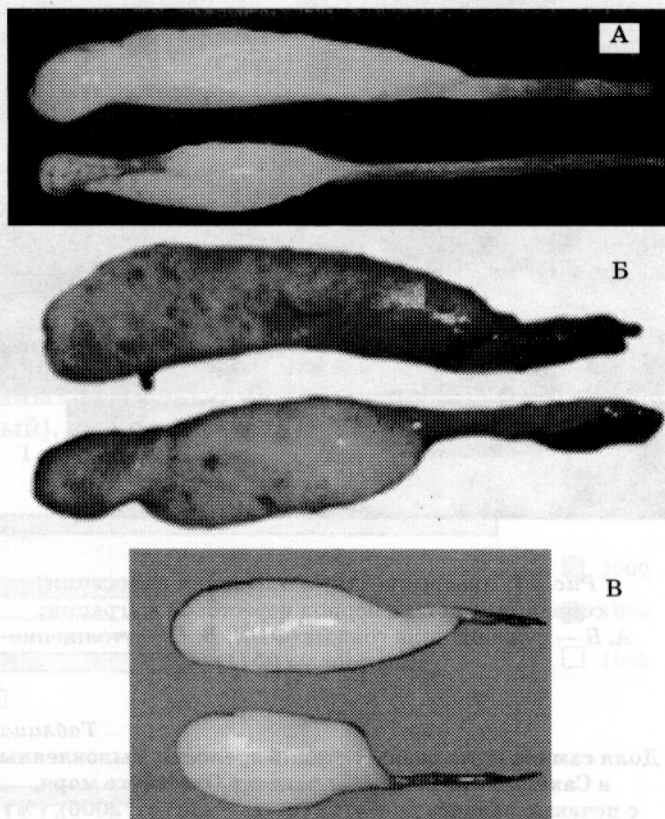


Рис. 10. Анатомическое отклонение в строении семенников дальневосточных лососей в период нерестовой миграции: А, Б — кета; В — сима; Ф6 — уменьшение одного из семенников

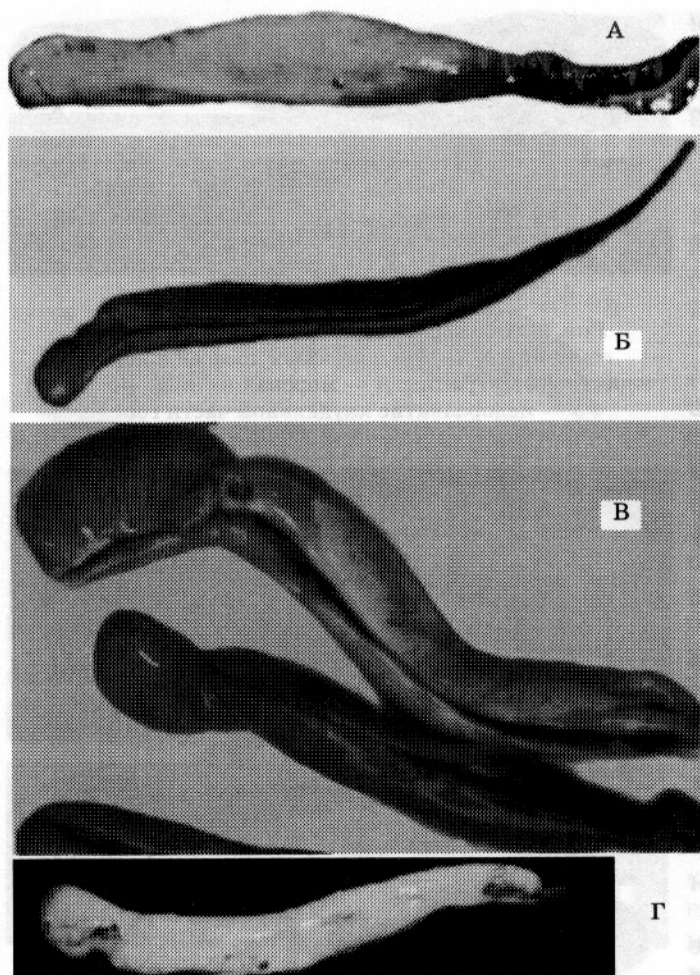


Рис. 11. Анатомические отклонения в строении семенников кеты в период нерестовой миграции: А, Б — сужение тела гонады (Ф10); В, Г — утолщение тела гонады (Ф11)

Таблица 1
Доля самцов кеты разных стадий зрелости, выловленных в Сахалино-Курильском регионе Охотского моря, с печенью разного качества (июль — август, 2000), (%)

Качество печени	Стадии зрелости семенников					
	Juvenis	II	II-III	III	III-IV	IV
Нормальная	0	0	0	28	27	30
Мозаичная	0	10	90	67	57	30
Анемичная	0	0	10	15	16	30
Анемично-рыхлая	0	0	0	0	0	10

буша, кижуч, в разных регионах их дальневосточного ареала. Например, у кеты из нерестовых рек острова Сахалин число аномалий семенников варьировало в 1998 г. от 12 до 35%, в 1999 — от 7,5 до 20,4%, и в оба года оно было наибольшим у особей из реки Калининка, протекающей на юго-западном побережье острова [Mikodina, Klovach, Pukova, 1999; Mikodina et al., 2000]. Аналогичные аномалии и в сходном количестве отмечены у самцов кеты, горбуши и кижуча из рек Яна и Тауй северного побережья Охотского моря [Mikodina et al., 2000]. Ранее у лососевых из рек Тауйской губы были обнаружены отклонения во внешнем строении рыб [Бойко, 1999, 2001]. Установлено также, что аномалии семенников имеются у дальневосточных лососей не только в период анадромной миг-

щего исследования, однако анализ данных литературы позволяет предполагать, что аномалии могут появляться вследствие антропогенного загрязнения среды их обитания [Павлов и др., 1999] или повышения ее температуры [Таликина и др., 1999]. Так, показано, что загрязнение пресных вод промышленными стоками, содержащими тяжелые металлы, оказывает негативное влияние на рыб, причем в первую очередь страдают жабры, печень и почки [Лукин, Кашулин, 1991; Кашулин, Решетников, 1995; Решетников, Попова, 1995; Акимова и др., 2000]. Косвенным подтверждением влияния загрязнения среды обитания тяжелыми металлами на дальневосточных лососей является наличие большого количества особей, например кеты, в период морского нагула в Сахалино-Курильском регионе (табл. 1) с увеличенной мозаичной, анемичной или рыхлой печенью (рис. 12). Этот показатель, с одной стороны, служит диагностическим признаком патологии рыб в загрязненных водоемах [Моисеенко, Лукин, 1999], с другой — возникает при низком качестве кормов.

Встречаемость дальневосточных лососей с аномалиями строения семенников в разных регионах Дальнего Востока. Предыдущее изучение анатомических аномалий семенников у самцов разных видов дальневосточных лососей показало, что они имеются у таких видов тихоокеанских лососей, как кета, гор-

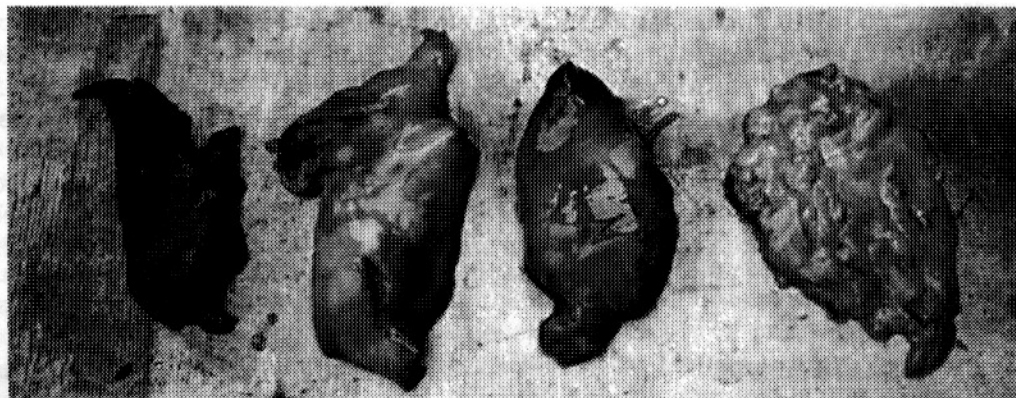


Рис. 12. Аномалии в строении печени кеты в период морского нагула в Сахалино-Курильском регионе Охотского моря

рации в нерестовых реках бассейна Охотского моря, но и в период их нагула в Охотском море. Например, по материалам 1999 г., в Сахалино-Курильском регионе доля самцов кеты с аномалиями гонад варьировала от 67 до 100% (в среднем около 80%) [Микодина и др., 2000].

Представляло интерес выяснить, ежегодно ли встречаются самцы тихоокеанских лососей с аномалиями гонад в исследованных ранее районах их ареала, а также в других, неисследованных.

У половозрелых самцов кеты из нерестовых рек острова Сахалин анатомические нарушения в строении семенников выявлялись и в 2000 г., причем доля таких самцов во всех исследованных нами сахалинских реках — Тыми, Пиленги, Поронай (ручьев Рыбоводный), Ударнице, Калининке, была наибольшей именно в 2000 г. (рис. 13).

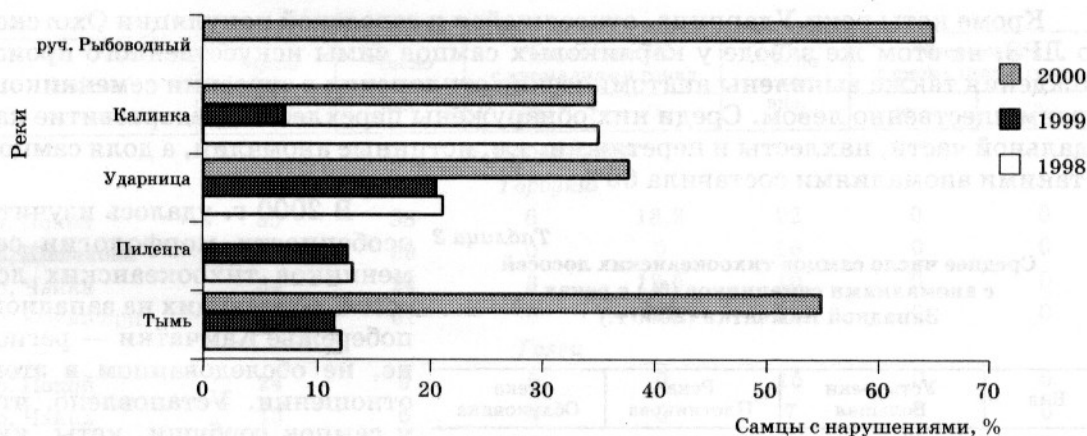


Рис. 13. Количество самцов кеты с истинными аномалиями в строении семенников из разных нерестовых рек острова Сахалин

Удалось изучить динамику изменения доли самцов с семенниками-фенодевиантами у кеты в течение нерестового хода на примере реки Ударница в период с 26 августа по 4 октября 2000 г. До появления в этой реке кета проходит путь из прибрежных вод залива Мордвина на юго-восточном побережье острова Сахалин через протоку Красноармейскую, соединяющую залив Мордвина и озеро Тунайчу, через само озеро и появляется в реке через 2–3 недели от момента захода в пресные воды. У кеты, заходящей из залива Мордвина в протоку Красноармейскую в конце августа — начале сентября, доля самцов с семенниками-фенодевиантами равна 89,6%. В этот же период в устье Ударницы (8 сентября) число самцов с семенниками-фенодевиантами было близким к выявленному в протоке — 93,9%. В середине нерестового хода (23 сентября) недалеко от устья Ударницы, на забойке Охотского ЛРЗ, процент самцов с аномальными се-

менниками значительно снизился и составил 57,1%. В конце нерестового хода (4 октября) общая доля самцов с семенниками-фенодевиантами вблизи устья реки равнялась 45,2%. Таким образом, доля самцов кеты с аномальными семенниками наиболее высока в начале нерестового хода и снижается по мере его окончания.

Из общего числа самцов с аномалиями семенников подсчитана доля особей с «истинными» аномалиями. В Ударнице в течение периода нереста количество таких самцов также оказалось столь же значительным, как и их общее количество, и варьировало от 12,5 до 47% (рис. 14).

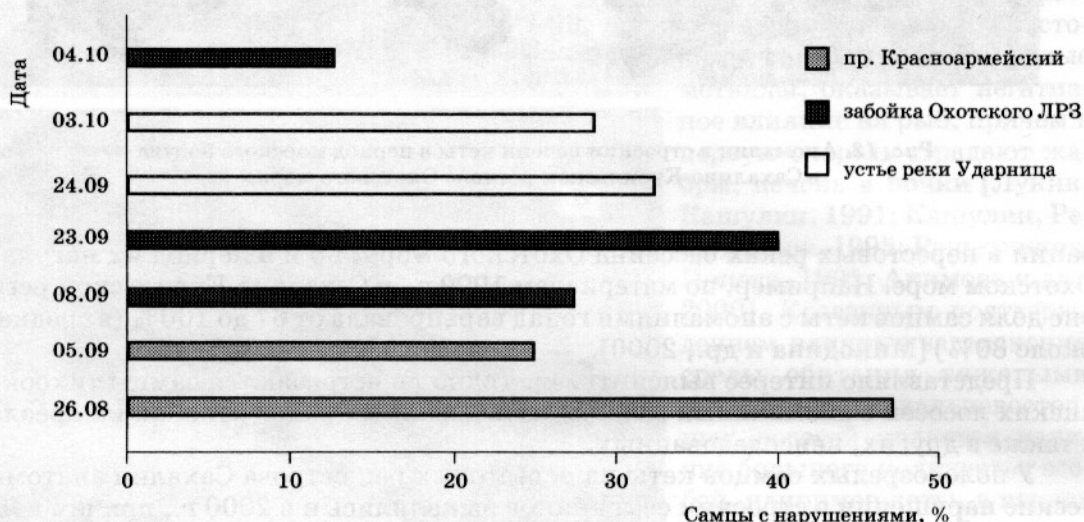


Рис. 14. Доля самцов кеты с истинными аномалиями в строении семенников в период миграции на Охотский ЛРЗ в 2000 г.

Кроме кеты реки Ударница, относящейся к заводской популяции Охотского ЛРЗ, на этом же заводе у карликовых самцов симы искусственного происхождения также выявлены анатомические отклонения в строении семенников, преимущественно левом. Среди них обнаружены перехлесты, недоразвитие каудальной части, нахлесты и перетяжки, т.е. истинные аномалии, а доля самцов с такими аномалиями составила 60%.

Таблица 2
Среднее число самцов тихоокеанских лососей с аномалиями семенников (%) в реках Западной Камчатки (2000 г.)

Вид	Устье реки Большая	Река Плотникова	Река Облуковина
Горбуша	66,9	—	58,9
Кета	84,9	10,9	83,1
Нерка	100	8,3	68,8
Кижуч	92,5	—	75,0
Чавыча	—	—	66,7

В 2000 г. удалось изучить особенности морфологии семенников тихоокеанских лососей, обитающих на западном побережье Камчатки — регионе, не обследованном в этом отношении. Установлено, что у самцов горбуши, кеты, кижуча, чавычи и нерки, также как и в других регионах, имеются анатомические аномалии семенников. В устье реки Большая доля таких самцов в период нерестового хода варьировала от 46,2 до 100%, ее притоке — реке Плотникова (ЛРЗ «Озерки») — от 0 до 21,9%, а в устье реки Облуковина у разных видов лососей колебалась между 58,9 и 83,1% (табл. 2).

В трех исследованных на западном побережье Камчатки реках наименьшее количество аномальных самцов выявлено в реке Плотникова, что может быть связано с наибольшей удаленностью места исследования (около 160 км) от побережья полуострова.

Предварительное обследование самцов горбуши в лимане реки Май бухты Юго-Западная на западном берегу Татарского пролива, в районе города Совет-

ская Гавань, показало, что у горбуши из этого участка также имеются аномалии в строении семенников. Доля таких самцов варьировала от 42,9 до 90%.

Все перечисленные выше данные получены в реках регионов, где расположены различного ранга населенные пункты и промышленные предприятия. Представляло интерес провести аналогичные исследования в малонаселенных районах со слабо развитой или отсутствующей промышленностью. Такими районами можно считать острова Курильской гряды. В связи с вышеизложенным изучали особенности строения семенников в преднерестовый период у тихоокеанских лососей, заходящих в реки островов Парамушир и Онекотан. На острове Парамушир исследовали лососей из озера Подлагерное, реки Озерная и ручья Анечкин, расположенного несколько севернее устья этой реки. На острове Онекотан исследования проводили в реках Шелехова, Покой, Чайка, Кохмаюри, а также в месте слияния рек Тайна и Шимоюр. В районах исследований кета встречается крайне редко, а у выловленных 18 экз. аномалии строения гонад не обнаружены. У других видов горбуши, кижуча и гольца *Salvelinus malma Krashenninnikovi* анатомические отклонения в строении гонад встречаются также редко, причем как у самцов, так и у самок. В большинстве случаев гонады имеют форму, близкую к нормальной. Из встреченных аномалий семенников и яичников можно отметить уменьшение размеров или недоразвитие одной из гонад, добавочные доли и перетяжки. У одной самки гольца имелась только одна гонада. Наибольший процент аномальных самцов (табл. 3) отмечен на острове Парамушир у горбуши в реке Покой в конце июля (18,2%), а на острове Онекотан — у кижуча из реки Озерная в начале сентября (17%). Большая встречаемость аномалий у лососей из рек острова Парамушир может коррелировать с географической близостью этого острова с населенной южной частью полуострова Камчатка, прибрежные воды которого подвержены антропогенному загрязнению.

Таблица 3

Наличие анатомических отклонений в строении гонад у тихоокеанских лососей Курильских островов (2000 г.)

Водоем	Число рыб, экз.	Число самцов, экз.	Число самцов с аномалиями гонад		Число самок, экз.	Число самок с аномалиями гонад	
			экз.	%		экз.	%
о. Парамушир							
Горбуша							
р. Покой	55	33	6	18,2	22	0	0
р. Шелехова	45	29	0	0	16	0	0
р. Чайка	34	24	3	12,5	10	0	0
р. Кохмаюри	99	61	2	3,3	38	0	0
Голец							
р. Покой	24	9	0	0	15	0	0
р. Чайка	13	6	0	0	7	0	0
оз. Подлагерное	47	15	1	6,6	0	0	0
о. Онекотан							
Кижуч							
р. Озерная	99	41	7	17	58	0	0
Горбуша							
р. Озерная	27	15	0	0	62	0	0
Голец							
р. Озерная	152	45	1	2,2	110	0	0
руч. Анечкин	9	4	0	0	5	3	60

Таким образом, при изучении морфологии гонад тихоокеанских лососей в период анадромной миграции, т.е. в пресноводных водоемах разных регионов бассейна Охотского моря (юго-западное и восточное побережья острова Сахалин, северо-охотоморское побережье, западное побережье полуострова Камчатка, западное побережье островов Парамушир и Онекотан Курильской гряды), а

также на западном берегу Татарского пролива установлено, что у разных видов лососей встречаются в значительном количестве самцы с аномалиями строения семенников. У гольца доля аномальных самцов в пределах нормы.

Прежде чем достичь нерестовых рек бассейна Охотского моря, тихоокеанские лососи заканчивают нагульный период в Охотском море, куда заходят из северо-западной части Тихого океана через проливы Курильской гряды. Самцы лососей с аномальными семенниками обнаружены и во время морского нагула в исключительной экономической зоне России в Тихом океане. Так, в Западно-Беринговоморской промысловой зоне, Карагинской, Петропавловско-Командорской и Северо-Курильской подзонах в июне – августе 2000 г. аномальные самцы

Доля самцов тихоокеанских лососей с аномалиями семенников (%) в Охотском море в июле – августе 2000 г.

Таблица 4

Месяц	Нерка	Горбуша	Кета	Кижуч
<i>Сахалино-Курильский регион</i>				
Июль	–	79,6	87,7	91
Август	–	68,0	96,9	100
<i>Камчатско-Курильская промысловая подзона</i>				
Июль	12,5	15,1	28,0	26,7

выявлены у нерки, кижуча, кеты и горбуши (табл. 4). Доля особей с аномалиями семенников была наибольшей у нерки Западно-беринговоморской промысловой зоны в июле, у кижуча — в Петропавловско-Командорской промысловой подзоне в июле и в Карагинской — в августе, а наименьшей — у кеты в июле в Западно-беринговоморской и в августе в Карагинской под-

зонах. В целом, наибольшее число самцов с анатомическими отклонениями в строении семенников у изученных видов лососей зарегистрировано в Петропавловско-Командорской промысловой подзоне Северо-Западной Пацифики.

В Охотском море, куда тихоокеанские лососи заходят через Курильские проливы, доля самцов с аномалиями строения семенников в уловах наибольшей была в Сахалино-Курильском регионе (июль – август) по сравнению их долей во всех других обследованных регионах, но и в Камчатско-Курильской промысловой подзоне (июль) вылавливались аномальные самцы горбуши, кеты, кижуча, нерки в значительном количестве (табл. 5). Из четырех видов лососей наименьшее число аномальных самцов отмечено у заканчивающих период морского нагула нерки и горбуши, что, как показано выше, согласуется со снижением этого показателя у кеты к концу нерестового хода в реки, а наибольшее — у кеты и кижуча, подготавливающих к его началу.

З а к л ю ч е н и е . Впервые у тихоокеанских лососей — кеты, горбуши, кижуча, нерки, симы и чавычи, анадромных рыб, в разные периоды своего жизненного цикла обитающих и в пресных, и в соленых водах, выявлены самцы с морфологическими аномалиями семенников, доля которых в отдельных выборках может достигать 100%. Выделены 22 типа анатомических отклонений в строении семенников лососей. Одни из них являются фенотипическими, т.е. имеющими такие отклонения от нормы, которые не влияют на репродуктивный потенциал самцов, а другие — снижают продукционные показатели самцов и рассцениваются нами как истинные аномалии. Доля самцов лососей с истинными аномалиями семенников ниже, чем общее число особей с аномалиями с учетом фенотипических, однако также является аномально высокой и варьирует, например в реке Ударница острова Сахалин, между 13 и 47%. Количество самок с аномальными гонадами составляет не более 1–2%.

Самцы лососей с аномалиями семенников вылавливаются в природе практически во всех районах их обширного ареала, а также в искусственных условиях — на лососевых рыболовных заводах. Они обнаружены в различных регионах исключительной экономической зоны России в Северо-Западной Пацифике: 1) Западно-Беринговоморской промысловой зоне, Карагинской, Петропавловско-Командорской, Северо-Курильской промысловых подзонах; 2) Камчатско-Курильской и Восточно-Сахалинской промысловых подзонах Охотского моря; 3) реках восточного и юго-западного побережий острова Сахалин, северо-охотоморского побережья, западного берега Камчатки, охотоморского побережья островов Онекотан и Парамушир Курильской гряды, а также на западном берегу Татарского

Таблица 5
Доля самцов тихоокеанских лососей с аномалиями семенников в разных промысловых подзонах Северо-Западной Пацифики (июнь – август, 2000 г.)

Кета				Горбуша				Кижуч				Нерка			
Количество				Количество				Количество				Количество			
самцов	самцов с аномалиями			самцов	самцов с аномалиями			самцов	самцов с аномалиями			самцов	самцов с аномалиями		
	п	п	%	п	п	%	п	п	п	%	п	п	п	%	%
Западно-Беринговоморская зона															
Нет данных															
Июль															
16	1		6.3 0									15		7	46.7 0
Август															
69	8		11.6 0									36		3	8.3 0
Июнь – июль															
185	39		25.9 21.1	84	9	10.7 8.3	13	4				186		41	22.0 14.5
Август															
26	5		19.2 0	21	2	9.5 0	7	1				22		5	12.5 9.1

Примечание. Над чертой — общий процент самцов с аномалиями, под чертой — процент самцов с истинными аномалиями.

пролива. Наименьшее число самцов с аномалиями семенников обнаружено в реках северо-охотоморского побережья (12–17%) и таких островов Курильской гряды, как Парамушир и Онекотан с их охотоморской стороны (0–18%), наибольшее — в реках западного побережья полуострова Камчатка (0–100%) и восточного и юго-западного побережий острова Сахалин (8–94%). На примере сахалинских рек установлено, что доля самцов лососей с аномалиями семенников возрастала от 1998 к 2000 г., в котором была сходной с таковой в реках Западной Камчатки. В период морского нагула в Северо-Западной Пацифике число самцов лососей с аномалиями гонад было меньше (6–47%), чем в Охотском море, где они превалировали (0–100%). Число самцов с аномальными семенниками уменьшается от начала к концу нерестового хода в реки.

При сравнении наших данных по аномалиям семенников со сведениями из литературы обращает на себя внимание факт, что столь высокого процента самцов с аномальными гонадами не было встречено ни в одном из загрязненных пресноводных водоемов, даже в водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС.

Наличие анатомических отклонений в строении семенников у дальневосточных лососей можно рассматривать с нескольких позиций: 1) полиморфизм семенников — норма для лососей р. *Oncorhynchus*; 2) адаптивная реакция организма, обусловленная естественным механизмом регуляции числа особей популяции в условиях ее высокой численности и низкой обеспеченности пищей; 3) патология, вызванная неблагоприятными внешними воздействиями различного типа, такими как антропогенное загрязнение водной среды или искусственное воспроизводство. Поскольку доля аномальных самцов у разных видов тихоокеанских лососей, по нашим данным, может варьировать от 0 до 100%, полагаем неправомерным рассматривать их наличие как видовую норму. Однако из-за снижения репродуктивного потенциала вследствие наличия аномалий гонад, ведущего к снижению абсолютной и популяционной плодовитости, уменьшается и численность популяций [Иванова, 1990; Селюков и др., 1994]. По-нашему мнению, наиболее вероятной является вторая точка зрения, поскольку максимальное количество самцов с семенниками-фенодевиантами было отмечено в 2000 г., когда основу нерестовых стад составляли рыбы поколений 1995 и 1996 гг. Именно в эти годы численность стад дальневосточных лососей, например кеты, была наиболее высокой [Гриценко и др., 2000; Klovatch, 2000], а затем началось снижение их уловов. Нельзя исключать воздействие искусственного воспроизводства, но оно, по-видимому, невелико. Повод к такому заключению дает наличие аномалий семенников у карликовых самцов симы, выросших в условиях рыбоводного завода. Но вместе с тем, они встречаются не только у наиболее массового объекта искусственного разведения — кеты, но и у других видов дальневосточных лососей, например горбуши, кижуча и нерки, которых разводят мало. Вопрос о влиянии антропогенного загрязнения остается открытым, поскольку воды Тихого океана принято считать чистыми. Однако в начале 90-х годов прошлого столетия сотрудниками бассейновых институтов системы Госкомрыболовства показано, что многие районы Берингова и Охотского морей загрязнены алифатическими углеводородами, являющимися остро- и среднетоксичными, содержат экстремально высокое количество пестицидов, заносимых аэрогенным путем из сельскохозяйственных регионов Юго-Восточной Азии. Комплексными исследованиями экосистем Берингова и Охотского морей показано, что в северо-восточной части шельфа острова Сахалин, в Прикурильском районе и в Сахалинском заливе на отдельных станциях обнаруживается более высокое содержание алифатических углеводородов, чем в остальных исследованных районах [Немировская, 1997]. На некоторых станциях отмечалось экстремально высокое содержание пестицидов (ДДЕ). Поверхностный слой воды у Южных Курил проявляет заметную токсичность, особенно с тихоокеанской стороны, а на шельфе и материковом склоне Восточного Сахалина отмечена слабая токсичность поверхностного слоя воды, а число аномальных зародышей морского ежа в такой воде достигает 30% [Соколова и др., 1997]. В отдельных районах Охотского моря, особенно в прибрежных, значительно превышено содержание железа, меди, марганца, свинца по сравнению со средней концентрацией этих элементов как в водах Мирового океана, так и Тихого [Горюнова

и др., 1997]. Специалистами Сахалинрыбвода также было отмечено повышенное содержание железа, меди и других элементов в некоторых базовых реках, где расположены лососевые рыболовные заводы Сахалинской области [Сахалинрыбвод, 1997]. Поскольку пути миграций тихоокеанских лососей могут пролегать и через загрязненные акватории океана и побережья, влияние антропогенного загрязнения вод на возникновение аномалий в строении гонад их самцов нельзя исключать. Вместе с тем, в патологический симптомокомплекс рыб, обитающих в загрязненных водоемах [Акимова и др., 2000; Моисеенко, 2000], входят не только аномалии строения тела и внутренних органов, но и поражение других органов, в частности жабр, печени и почек в виде нефрокальцитоза. Если поражение печени у дальневосточных лососей имеется, то заболевания почек в течение 3-х лет наших исследований встречены не были.

Макроотклонения в строении половых желез рыб рекомендуют использовать в виде теста при определении степени неблагополучия существования популяций рыб [Акимова и др., 2000]. Выявлено нарастание числа самцов с анатомическими аномалиями строения семенников у 6-ти видов тихоокеанских лососей р. *Oncorhynchus* в течение 3-х лет наблюдений, т.е. в период вступления в нерестовое стадо 3-х разных поколений, обнаруженных практически во всех регионах обширного дальневосточного ареала лососей. Вместе с тем, макроотклонения в анатомии яичников встречаются у ничтожно малого количества самок, однако у них выявлен другой тип нарушений в строении гонад — избыточное количество аномальных икринок типа «горох», встречающийся практически у половины самок [Гриценко и др., 2001]. Вместе с нарушением макроанатомии печени полученные данные свидетельствуют об ухудшении состояния здоровья популяций исследованных видов тихоокеанских лососей, поскольку все патологические изменения в гонадах рыб постепенно ведут к стерилизации гонад и полной деградациии всей воспроизводительной системы [Черфас, 1962; Павлов и др., 1999].

ЛИТЕРАТУРА

- Акимова Н.В., Попова О.А., Решетников Ю.С., Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.А. 2000. Морфологическое состояние репродуктивной системы рыб в водоемах Кольского полуострова // Вопросы ихтиологии. Т.40. №2. С.282–285.
- Белова Н.В., Емельянова Н.Г., Макеева А.П., Веригин Б.В., Рябов И.Н. 1998. Состояние воспроизводительной системы самцов белого (*Hypophthalmichthys molitrix*) и пестрого (*Aistichthys nobilis*) толстолобиков в водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС в послеаварийный период // Проблемы репродуктивной биологии в трудах профессора С.И. Кулаева и его последователей. М.: МГУ. С.270–286.
- Воловик С.П., Гриценко О.Ф. 1968. Некоторые особенности биологии кеты бассейна р.Тыми (северо-восточный Сахалин) // Известия ТИНРО. Т.65. С.266–267.
- Воронина Э.А. 1974. Влияние инкорпорированного радиостронция на половые железы самцов тилапии // Экологические аспекты химического и радиоактивного загрязнения водной среды. Труды ВНИРО. Т.С. С.84–94.
- Горюнова В.Б., Соколова С.А., Сторожук Н.Г. 1997. Содержание и распределение растворенных тяжелых металлов и нефтяных углеводородов в Охотском море // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. М.: изд-во ВНИРО. С.179–188.
- Гриценко О.Ф., Заварина Л.О., Ковтун А.А., Путивкин С.В. 2000. Экологические последствия крупномасштабного искусственного разведения кеты // Сборник научных трудов ВНИРО. С.241–246.
- Иванова Ю.В. 1990. Естественное воспроизводство печорской ряпушки в современных экологических условиях // IV Всесоюзное Совецание по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. М. С.87–88.
- Кашулин Н.А., Решетников Ю.С. 1995. Накопление и распределение никеля, меди и цинка в органах и тканях рыб в субарктическом водоеме // Вопросы ихтиологии. Т.35. №5. С.687–697.
- Кулаев С.И. 1998. Годовые циклы и шкалы зрелости семенников некоторых видов костистых рыб и их сравнительно-эмбриологический и промысловый анализ // Проблемы репродуктивной биологии в трудах профессора С.И. Кулаева и его последователей. М.: МГУ. С.23–161.
- Лукин А.А., Кашулин Н.А. 1991. Состояние ихтиофауны водоемов в приграничной зоне СССР и Норвегии // Препринт. Апатиты: ИППЭС КНЦ РАН. 51 с.
- Макеева А.П., Емельянова Н.Г., Белова Н.В., Рябов И.Н. 1994. Радиобиологический анализ белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* в водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС в послеаварийный период. 2. Развитие воспроизводительной системы у потомства первого поколения // Вопросы ихтиологии. Т.34. №5. С.681–696.

Микодина Е.В., Коваленко С.А., Демьянов Т.В. 2000. Исследование тихоокеанских лососей в северо-восточной части Охотского моря в районе нефтяных и газовых разработок // Аналитическая и реферативная информация ВНИЭРХ. Рыбное хозяйство. Сер. Воспроизводство и пастбищное выращивание гидробионтов. Вып.3. С.36–49.

Микодина Е.В., Пукова Н.В., Бойко И.А., Коваленко С.А. 2000. Анатомические аномалии половых желез у тихоокеанских лососей в разных регионах Дальнего Востока // Материалы Всероссийской Конференции по воспроизводству ценных видов рыб (в печати).

Моисеенко Т.И. 2000. Морфофизиологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С.С. Шварца) // Экология. №6. С.463–472.

Моисеенко Т.И., Лукин А.А. 1999. Патологии рыб в загрязненных районах Субарктики и их диагностика // Вопросы ихтиологии. Т.39. №4. С.535–547.

Мурза И.Г., Христофоров О.Л. 1991. Определение степени зрелости гонад и прогнозирование возраста достижения половой зрелости у атлантического лосося и кумжи. Л.: ГосНИОРХ. 102 с.

Немировская И.А. 1997. Углеводороды воды, взвеси и донных осадков Охотского моря (распределение, формы, миграции, генезис) // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. М.: изд-во ВНИРО. С.172–179.

Павлов Д.С., Савваитова К.А., Груздева М.А., Максимов С.В., Медников Б.М., Пичугин М.Ю., Савоскул С.П., Чеботарева Ю.В., Павлов С.Д. 1999. Разнообразие рыб Таймыра: систематика, экология, структура видов, как основа биоразнообразия в высоких широтах, современное состояние в условиях антропогенного воздействия. М.: Наука. 207 с.

Решетников Ю.С., Попова О.А. 1995. Оценка состояния пресноводных экосистем по состоянию рыбной части сообщества // Проблемы экологии и рационального природопользования Северо-Запада России и Псковской области. Псков: Псковский государственный педагогический институт С.41–52.

Решетников Ю.С., Попова О.А., Кашулин Н.А. и др. 1999. Оценка благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфо-патологического анализа // Успехи современной биологии. Т.119. №2. С.165–177.

Савваитова К.А., Чеботарева Ю.В., Пичугин М.Ю., Максимов С.В. 1995. Аномалии в строении рыб как показатели состояния природной среды // Вопросы ихтиологии Т.35. Вып.2. С.182–184.

Савваитова К.А., Савоскул С.П., Чеботарева Ю.В. 1998. Нарушение гаметогенеза у самцов рыб в неблагоприятных экологических условиях Норило-Пясинских озер Таймыра // Проблемы репродуктивной биологии в трудах профессора С.И.Кулаева и его последователей. М.: МГУ. С.287–296.

Сахалинрыбвод. 1997. Отчет по рыбоводству за 1997 год. Южно-Сахалинск. 106 с.

Селюков А.Г., Мосеевский А.С., Коев А.В., Токарев И.Н. 1994. Состояние жизненно важных органов сиговых рыб в условиях интенсивного загрязнения Оби и проблема сохранения их биопотенциала // Биология и биотехника разведения сиговых рыб. Материалы V Всероссийского совещания СПб. С.125–127.

Соколова С.А., Старцева А.И., Моисейченко Г.В., Черкашин С.А. 1997. Исследование воды и донных отложений в Охотском море методом биотестирования // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. М.: изд-во ВНИРО. С.167–172.

Таликина М.Г., Изюмов Ю.Г., Касьянов А.Н., Папченкова Г.А. 1999. Влияние токсических веществ в период эмбриогенеза на выживаемость, линейно-весовые показатели и формирование гонад сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* // Вопросы ихтиологии. Т.39. №3. С.401–409.

Турдаков А.Ф. 1972. Воспроизводительная система самцов рыб. Фрунзе: Илим. 280 с.

Чеботарева Ю.В. 1996. Аномалии в строении рыб Норило-Пясинской водной системы (Таймыр) как показатели состояния окружающей среды. Автореф. дисс на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. М.: МГУ. 24 с.

Чеботарева Ю.В., Савоскул С.П., Савваитова К.А. 1997. Аномалии в строении воспроизводительной системы самок рыб Норило-Пясинских водоемов Таймыра // Вопросы ихтиологии. Т.37. №2. С.217–223.

Черфас Н.В. 1962. Радиационное поражение гонад карпа // Вопросы ихтиологии. Т.2. Вып.1 (22). С.104–115.

Шарова Ю.Н., Лукин А.А. 2000. Система воспроизводства сига *Coregonus lavaretus* в условиях многофакторного загрязнения // Вопросы ихтиологии. Т.40. №3. С.425–428.

Klovatch N.V. 2000. Tissue degeneration in chum salmon and carrying capacity of the North Pacific Ocean // NPAFC. Bull. N.2. P.83–88.

Mikodina E.V., Klovach N.V., Pukova N.V. 1999. Muscle and gonad abnormalities in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during sea period // Abstr. 9th Int. Conf. «Diseases of fish and shellfish», 19–24 Sept., Rhodes, Greece. P.033.

Mikodina E.V., Pukova N.V., Klovatch N.V., Sedova M.A., Boiko I.A., Flejshans M. 2000. Anatomical abnormalities of testis in mature salmonids from the Sea of Okhotsk basin rivers // Proc. IV Ceskou Icht. Konf. 10–12 kvetna, Vodnany, Czech Rep. P.258–261.