

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ НЕРЕСТОВОГО ФОНДА РЕК САХАЛИНА

С.С. Макеев

Федеральное государственное учреждение Сахалинское бассейновое управление по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и организации рыболовства «Сахалинрыбвод» Емельянова, 43-а, Южно-Сахалинск, 693006, Россия. E-mail: smak02@mail.ru

Описаны результаты обследования бассейнов и переоценки нерестового фонда семи рек из трех экорегионов о-ва Сахалин. Проведена типизация 85 участков рек по классификации Д. Росгена, на каждом из этих участков собрана информация о формах руслового рельефа (перекат, плес, яма, порог) и других характеристиках. Для всех типов рек, имеющих выраженные формы руслового рельефа, обнаружены достоверные коэффициенты корреляции между плотностью нерестилищ и протяженностью перекатов, а также количеством побочной и осередков.

В ходе сплошного обследования русла р. Лютога составлены ГИС-карты плотности нерестилищ, продольного распределения форм руслового рельефа и особенностей русла. Путем непосредственного наблюдения в период нереста горбуши выделены участки типичных нерестилищ и редко используемых участков с горизонтальной фильтрацией вод подруслового потока. На примере показана возможность выделения тех или других участков при анализе доступных спутниковых снимков.

Описанные подходы предлагаются в качестве дополнительных методик для решения актуальной задачи инвентаризации нерестового фонда Сахалинской области.

NEW APPROACHES TO THE ESTIMATION OF SPAWNING FUND OF THE SAKHALIN RIVERS

S.S. Makeev

Federal Official Department Sakhalin watershed Management on preservation, Rreproduction Water Biological Resources and the Fishery Organization «Sakhalinrybvod», 43 Yemelyanova Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693006, Russia. E-mail: smak02@mail.ru

Results of investigation of watersheds and revaluation of spawning fund of seven streams from three ecoregions of Sakhalin are described. Typification of 85 sites by D. Rosgen stream classification is spent, on each of these sites the information on forms fluvial relief (riffle, glide, pool, rapid) and other characteristics is collected. For all stream types having expressed forms of fluvial relief authentic factors of correlation between density of spawning areas and extent of

riffles and also quantity bars and islands are found out.

During continuous investigation of a channel Lyutoga river GIS-maps of density of spawning areas, longitudinal distribution of forms fluvial relief and channel features are made. By direct supervision in pink salmon spawning sites of typical spawning areas and seldom used sites with a horizontal filtration underchannel water flow are allocated. On an example possibility of allocation of these or those sites is shown at the analysis of accessible satellite pictures.

The described approaches are offered as additional techniques for the decision of an actual problem of inventory of Sakhalin region spawning fund.

В условиях непрерывного воздействия естественных и антропогенных факторов данные о статусе нерестовых водоемов постепенно устаревают и нуждаются в уточнении. Важно четко ранжировать значение водоемов для воспроизводства лососей. Это необходимо для определения параметров нерестового фонда, в первую очередь оптимальной плотности заполнения нерестилиц (Шунтов, 2005).

Проблема инвентаризации нерестовых площадей особенно остро встает перед специалистами рыбного хозяйства в связи с остро обсуждаемой проблемой регулирования заполнения нерестовых рек производителями (Макеев, 2010). Нерестовый фонд рек Сахалина, по нашему мнению, является явно заниженным – около 21 млн. м² (Рухлов, 1970; Сахалинская область..., 1994). Программа паспортизации нерестовых рек, начатая экспедицией «Сахалинрыбвода» в начале 1960-х годов, была затем продолжена усилиями специалистов местных контрольно-наблюдательных станций, и не всегда результаты ее были качественными. Только иногда проводится переоценка нерестового фонда того или иного водоема (Горяинов и др., 2009).

Действующие методики определения нерестового фонда (Программа..., 1982; Методики..., 2004; Золотухин, 2009; Shuett-Names et al., 1999) чрезвычайно трудоемки. Так, согласно «Краткому руководству по определению нерестовой площади и численности лососей в нерестовых реках Сахалинской области» (Методики..., 2004), обследование реки производится отрядом численностью не менее 3-х человек, действующих совместно. Для расчета времени, необходимого на обследование данной реки, устанавливаются следующие примерные нормы гидрографической рекогносцировки в зависимости от длины реки: для рек длиной до 50 км – 8 км в сутки; до 100 км – 6 км; свыше 100 км – 4 км. А общая длина всей речной системы, например, р. Лютога, только с притоками первого порядка длиной более 10 км – около 650 км.

В настоящей работе рассматриваются некоторые подходы к оценке потенциала естественного воспроизводства тихоокеанских лососей, в частности, нерестового фонда рек Сахалинской области. Так как более 90% нерестового фонда используется горбушей (Рухлов, 1970), мы будем говорить о нерестилищах этого вида.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ, МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ

Работы проводились в трех разных экорегионах Сахалина (Спрингмейер и др., 2007). В июле 2008 г. была обследована р. Венгери. По методу чередующейся конструкции, используемому при мониторинге лососевых популяций и мест их обитания на северо-западе США (Reeves et al., 2004), в 2008 г. обследованы реки Таранай и Найча, а в 2009 г. – Дудинка, Бахура и Анна. Чередующаяся конструкция позволяет ежегодно определять различные объекты для проведения вы-

Таблица 1

Данные переоценки нерестовой площади обследованных рек

Река	Экорегион	Длина, км	Площадь водосбора, км ²	Число участков (основное русло)	Нерестовая площадь, м ²		Разница, %
					старая	новая	
Венгери	Северо-Восток	40	312	13 (9)	20000	217402	+ 987,0
Таранай	Залив Анива	57	450	28 (14)	118690	169217	+ 42,6
Найча	Залив Анива	32	112	13 (7)	118500	176319	+ 48,8
Дудинка	Юго-Восток	17	51	10 (5)	29400	30024	+ 2,1
Бахура	Юго-Восток	18	55,5	14 (7)	36700	38475	+ 4,8
Анна	Юго-Восток	12	32	7 (6)	7500	7500	0
Лютога	Залив Анива	134	1530	10 (8)	428900	461170	+ 7,5

борочных исследований в течение определенного количества лет (цикл), после чего цикл ежегодных обследований повторяется. В нашем проекте предлагался шестилетний цикл по числу экорегионов. И, наконец, в 2010 г. проведено обследование части бассейна реки Лютога. Основные параметры обследованных рек, число участков и данные переоценки нерестовой площади приведены в табл. 1

Для выполнения обследований рек разработана специальная методика, основанная на протоколах мониторинга, применяемых Лесной службой и другими агентствами США.

При прохождении маршрута регулярно делались серии измерений на выбранных точках. Точки распределялись по протяженности русла от верхнего течения до устья приблизительно равномерно через каждые 2–3 км. На них измерялись следующие параметры: координаты, ширина и максимальная глубина русла (в период летней межени), а также ширина и глубина активного русла (по отметкам весенних паводков на берегах), давались оценки донному субстрату, уклону, скорости течения, ширине поймы по каждому берегу, составу и состоянию древостоя. Затем по карте масштабom 1:100000 определялась извилистость участка, рассчитывалась врезанность русла (отношение ширины поймы к ширине активного русла), отношение ширины активного русла к максимальной глубине. По этим характеристикам определялся тип участка реки по классификации Д. Росгена (Rosgen, 1994). Изменялись также стандартные гидрологические характеристики: площадь поперечного сечения русла, скорость течения, расход. На каждой точке оценивалась затененность, выраженная в процентах проективного покрытия русла тенью.

Кроме того, детально обследовались участки русла длиной, составлявшей не менее чем 20 ширин активного русла. При этом измерялась протяженность участков по типам руслового рельефа: пережат, плес, яма, порог. Для каждого участка определялась нерестовая площадь, в таблицы она заносилась в процентах от водного зеркала участка, а также в площади на 1 погонный км русла. На каждом

участке учитывались также особенности, важные для формирования речного разнообразия: бревна и корневые комы, нависающие деревья, древесные заломы, подрезанные берега, ямы, заводи, отдельные валуны и их кластеры, острова и осередки, побочни, боковые русла и другие. Все эти данные рассчитаны в количестве на 1 погонный км русла. В необходимых случаях отмечалось наличие и масштаб береговой эрозии, осыпей и оползней с оценкой их объема, остаточных ям, лимнокренов, ключей и других особенностей русла, берегов и поймы.

Применялось следующее оборудование: GPS-приемник Garmin-72 или Garmin-60CSx, лазерный дальномер Leica Disto-A3, компас-инклинометр Suunto Tandem, рулетка, мерная рейка, фотоаппарат Olimpus-1020, электронный курвиметр PlanWheel SA.

Для обследования нерестилищ русла р. Лютога проводились сплавы на 2-местной резиновой лодке с использованием GPS-приемника и фотографированием особенностей. Длина пути измерялась одомером, ширина русла лазерным дальномером. В верхней части каждого элемента формы руслового рельефа (плес или перекат) отмечалась координата. Таким методом была собрана информация о частоте смены форм русла и протяженности каждого элемента. Кроме того, внутри элементов при их наличии отмечались их особенности (ямы глубиной от 1,2 м, пороги, острова или осередки, побочни, древесные завалы, заводи и др.).

Повторный сплав проводился на тех же участках в период массового нереста горбуши. При этом подсчитывалась площадь потенциальных нерестилищ, из них выделены участки прямолинейных плесов с горизонтальной фильтрацией вод подруслового потока, не используемые горбушей для нереста в условиях относительно маломощного захода. Также для каждого участка была проведена оценка площади дна со сплошными выходами коренных пород (плитняка). Собранные материалы легли в основу ГИС-карт продольного распределения речных структур и других особенностей русла.

В настоящей работе представлен анализ линейных водных объектов, а пространственные представления о местности при необходимости извлекались из общедоступных спутниковых снимков в программе Google Earth.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В последнее время проводятся комплексные экосистемные исследования на реках Камчатки (Павлов и др., 2009; Есин и др., 2009). Биотопы в пределах речной сети изучаются с применением существующих типизаций русловых процессов (Маккавеев, 1955; Чалов, 2008; Stanford et al., 2005). Важнейшей задачей при этом становится поиск принципов выделения однородных участков рек.

В настоящем исследовании применен подход, предложенный известным американским гидрологом Д. Росгеном (Rosgen, 1994; Rosgen, 1997). Измеряя ряд параметров, любую реку можно отнести к одному из определенных типов, причем эта классификация учитывает и строение речной долины, и характеристики речного потока, и состав грунта. Зная типы участков рек, можно прогнозировать их сукцессии и даже проектировать восстановление устойчивых русел (Rosgen, 2006a; Rosgen, 2006b).

Кроме типа реки, важными параметрами в описании речного русла являются соотношение плес/перекат, наличие ям и порогов, залесенность бассейна, нали-

чие древесных заломов, число валунов, заводей, подрезанных берегов и другие особенности. Все эти характеристики могут оказаться полезными при изучении, например, распределения и плотности рыб в зависимости от абиотических факторов (Семенченко, 2005; Inoue, Nakano, 1998, 1999, 2001; Inoue, Nunokawa, 2002).

Существенную роль играет специфика морфологии русла и динамики потока, а также размер реки и при изучении нерестового фонда рек (Махинов, 2006; Чалов, 2008; Montgomery et al., 1999; Kondolf, 2000; Gottesfeld et al., 2004).

Собранные данные по шести рекам представлены в табл. 2. Цифрой в типе реки обозначен преобладающий субстрат (1 – коренная порода, 2 – валуны, 3 – булыжники, 4 – галька, 5 – песок, 6 – ил).

Среди 85 исследованных участков рек 10 представляли собой тип А по Росгену, что соответствует прямолинейным горным руслам с неразвитым рельефом дна (Чалов, 2008). Уклоны на этих участках более 8 м/км, накопление наносов низкое, русло стабильное, состоит из каскадов, выбитых или вымытых ям ступеньками. Нерестилища на этих участках отмечены на всех участках с подходящим для нереста субстратом, глубиной и скоростью течения. Корреляций плотности нерестилищ (процент нерестовой площади от площади водного зеркала участка) с параметрами русла не обнаружено. Лимитирующим фактором распределения лососей является уклон русла. Здесь расположены основные нерестилища симы, горбуша достигает этих участков, как правило, лишь при полном заполнении лежащих ниже по течению.

Еще 29 участков на всех исследованных реках представляют тип В (Rosgen, 1994) или предгорные реки с развитыми аллювиальными формами (Чалов, 2008). На этих участках последовательно и часто чередуются плесы и перекаты, есть ямы, встречаются побочни и осередки.

Все остальные участки (С, Е и F по Росгену, соответственно 29, 7 и 9 участков) относятся к меандрирующим полугорным и равнинным рекам с выраженным рельефом дна, отличаются друг от друга типами речной долины. Реки типа С, как правило, адаптированные или врезанные, протекают по предгорьям или межгорным котловинам по хорошо развитой пойме. Реки типа Е самые извилистые, протекают по широкой луговой пойме. Для рек типа F характерны узкие поймы, надрезанные на склонах. Участков рек с многочисленными руслами (типы D и DA) среди обследованных нами не оказалось.

При анализе корреляционной матрицы табл. 2 в программе Statistica 5.5 обнаружены достоверные коэффициенты корреляции между плотностью нерестилищ и протяженностью перекатов в процентах от длины русла (0,36 при $p < 0,05$), а также с суммой количества побочней и осередков на 1 км русла (0,53 при $p < 0,05$). Эти связи оказались характерны для всех типов рек, имеющих выраженные формы руслового рельефа.

В табл. 3 представлено распределение показателя плотности нерестилищ по типу рек.

Оценка нерестового фонда с применением метода учета площади нерестилищ по участкам во всех случаях показала превышение над старыми цифрами. Но, если на реках в Долинском районе (регион Юго-Восток) превышение оказалось незначительным, на реках Анивского района (регион залив Анива) примерно в 1,5 раза, то официальная цифра нерестовой площади реки Венгери (Смирновский район, регион Северо-Восток) оказалась превышена в 10 раз! По нашему

Таблица 2

Основные характеристики обследованных рек

Река, участок	Тип реки	Нерестилища, м ²	% от водного зеркала	Длина перекатов, %	Перекат, шт./км	Плес, шт./км	Яма, шт./км	Поры, шт./км	Оседлок/остров, шт./км	Побочень, шт./км	Нависающее дерево, шт./км	Бревно, шт./км	Древесный залом, шт./км	Вагун, шт./км	Подрезанный берег, шт./км	Затененность %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Венгери																
	C2b	3407	26,2	56	12	9	3	3	0	6	12	19	6	0	6	50
2	C2b	3880	29,8	37	9	9	6	6	0	5	6	3	0	0	0	30
3	F2b	7835	46,1	60	5	11	8	0	3	7	0	5	3	11	0	20
4	C2b	5830	38,9	36	5	10	5	0	0	6	0	10	7	10	0	20
5	F2b	5434	19,4	32	7	5	0	2	2	3	0	0	0	17	0	25
6	B2	6934	36,5	58	9	7	2	2	0	2	0	0	0	7	0	10
7	B1	10429	43,4	57	7	6	4	0	0	4	0	2	0	9	0	5
8	B2	2410	16,1	51	19	9	9	5	2	2	0	0	0	0	0	5
9	C2b	2464	15,4	42	11	14	11	2	0	4	0	0	0	4	0	0
Тундровый	E3b	782	28,8	35	3	3	3	0	0	0	3	5	5	1	2	80
Серый	F3b	1790	35,1	42	4	4	5	0	0	3	0	8	2	4	3	50
Кривой	A2	174	7,9	-	-	-	2	0	0	0	4	2	0	1	0	80
Прохладный	A2	465	23,3	-	-	-	1	0	0	0	3	3	2	0	0	90
Таранай																
1	C4	2357	26,2	36	21	24	10	3	0	3	21	10	1	2	3	50
2	E4b	1506	19,3	27	20	27	4	4	4	2	39	4	0	0	0	30
3	B3	2069	17,2	22	17	28	14	0	0	3	31	17	7	0	0	50
4	C4	3889	27,8	22	14	17	8	6	0	4	17	8	0	3	0	40
5	C4	2695	20,7	29	12	15	12	0	5	3	15	2	2	0	0	50
6	F4b	1176	9,0	24	18	18	6	3	3	0	3	9	9	0	0	10

продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	B1	2054	13,7	9	4	16	10	6	2	2	0	4	0	0	0	20
8	C4b	3175	14,0	25	8	11	6	2	0	2	21	5	2	2	2	20
9	B1	3200	17,8	23	7	13	5	2	2	3	9	3	2	0	0	10
10	C4b	5274	22,0	28	7	12	3	2	6	5	6	3	2	1	0	5
11	F4	5511	30,6	15	5	16	5	1	2	7	15	5	1	0	0	10
12	F1b	5362	19,8	15	6	15	3	1	0	3	12	7	1	1	1	10
13	C4	4833	22,0	21	6	14	4	2	1	1	9	4	1	0	0	5
14	E4	7342	33,4	23	8	14	5	1	1	5	15	24	6	1	0	10
Дама	B4b	650	27,4	61	76	38	38	0	0	3	13	13	13	0	13	50
Таковская	E4b	400	23,1	52	82	68	41	0	0	2	41	55	27	0	0	50
Саратовка	C1b	410	5,9	33	17	20	9	1	0	1	19	19	10	0	3	70
Таранайка	C4b	901	18,7	42	54	45	54	0	18	2	18	72	45	0	9	90
Уятка	C2b	522	7,2	35	26	35	18	0	18	1	35	35	35	0	0	70
Звонка	A2	914	29,3	-	-	-	11	5	0	0	27	32	32	0	5	60
Безымянный	E4b	615	41,1	81	68	9	34	17	0	6	26	34	17	0	0	90
Медвежья	B4	651	19,2	78	60	14	42	11	11	2	32	73	7	7	7	70
Горный	F4b	1118	25,0	55	59	35	12	0	23	3	12	105	47	0	35	60
Просечная	C4b	1169	48,6	49	52	39	13	0	0	4	0	78	0	0	0	70
Кубышка	A1	81	3,0	-	-	-	27	22	5	0	16	16	9	5	9	90
Лазовская	B4a	544	27,1	82	48	27	27	7	0	3	54	54	20	0	20	70
Извилистый	F4b	386	16,2	-	-	-	13	2	3	2	23	29	3	0	13	60
Нижний	F4b	396	14,9	45	83	79	34	0	8	4	11	53	19	0	45	90
Найча																
1	B4	4240	35,3	43	14	21	7	4	4	7	29	11	4	0	4	50
2	F1	4915	32,8	42	14	18	5	5	2	6	31	12	5	2	2	15
3	C4b	3137	34,9	40	14	17	6	0	5	7	43	17	0	0	6	50
4	C4b	5170	47,0	30	12	15	7	0	2	8	37	7	2	2	0	30

продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	В4с	4442	20,2	35	12	12	4	4	2	2	17	8	0	2	0	10
6	С4	6784	32,3	29	12	18	10	0	1	4	14	20	10	0	0	10
7	С4	3596	36,3	31	13	15	13	0	5	5	16	18	13	0	0	5
Безымянный	А4а	545	18,2	-	-	-	18	0	0	0	9	36	0	0	9	50
Белая	Е4б	200	12,5	-	-	-	19	0	5	2	36	55	1	1	11	40
Зяя 1	С4б	1980	22,0	57	26	17	22	0	9	9	26	52	4	2	22	40
Зяя 2	В4	3719	19,6	47	15	13	7	1	4	3	21	31	5	1	1	30
Зяя 3	В1	1277	11,6	29	13	23	3	3	3	3	32	16	6	0	3	20
Прошка	В4	1047	15,0	68	16	5	11	0	9	9	58	47	5	16	26	60
Дудинка																
1	В4	412	21	76	13	8	8	0	6	4	25	32	8	0	13	40
2	С4	625	31	88	13	4	8	0	0	8	47	73	8	0	0	70
3	С4	2073	65	53	22	14	12	0	0	14	14	22	10	2	8	50
4	С4	2614	51	59	11	10	3	0	1	10	21	18	6	3	1	60
5	С4	5560	55	32	13	16	10	0	5	13	47	54	9	0	6	30
Чертушка	С4	800	32	49	39	30	21	0	21	26	69	55	21	8	13	50
Малиновка	Е4	250	14	42	26	30	18	0	0	2	45	40	30	0	3	80
Змейка1	В3	1182	39	71	41	12	29	0	12	4	45	53	25	12	20	70
Змейка2	В4	1440	48	48	30	16	21	0	7	6	21	76	7	2	11	50
Змейка3	С4	2286	57	30	18	17	12	0	5	10	27	30	8	1	6	20
Бахура																
1	В3а	1265	28,1	73	33	11	22	22	0	3	11	44	0	144	0	40
2	В2	2905	48,4	58	25	17	50	17	8	5	41	25	8	116	0	60
3	В3	3259	46,6	50	19	19	12	6	0	5	19	12	0	25	0	70
4	В4	4195	69,9	62	19	12	12	19	0	6	0	12	6	100	0	80
5	В4с	3599	40,9	65	23	14	14	5	0	5	9	5	9	69	5	40
6	С4	6551	52,4	72	17	8	8	3	3	8	28	17	0	78	0	90
7	С4	6233	44,5	80	4	4	4	0	3	6	7	7	0	0	0	10

окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Правый1	A3a+	111	6,5	-	-	-	139	111	0	0	28	167	0	222	0	60
Правый2	A3	135	3,9	-	-	-	54	54	0	0	26	54	0	108	0	60
Шуя1	B4	886	22,1	65	29	23	18	6	6	6	12	12	0	353	0	80
Шуя2	B3	1349	30	56	22	18	24	16	4	3	23	7	5	140	0	70
Шуя3	B3	2000	40	59	25	19	19	12	6	6	25	12	6	106	0	95
Шуя4	C4	3422	57	92	3	2	3	0	0	4	5	0	0	8	0	60
Фурмановка	B3a	200	6,7	80	50	20	20	30	0	1	20	10	20	150	0	80
Анна																
1	A3	1630	37,9	-	-	-	50	50	0	5	0	25	0	145	0	80
2	A4	1800	30,0	-	-	-	50	33	17	0	17	41	0	191	0	60
3	B3a	2000	33,3	60	42	25	25	42	0	2	17	17	0	124	0	50
4	B3a	3000	18,7	59	28	16	12	16	3	1	6	19	0	84	0	60
5	B3a	3000	33,3	48	38	11	44	27	0	2	11	22	0	327	0	30
6	C4	3500	23,3	86	9	3	6	0	0	3	20	11	0	94	0	60
Правый	A4	100	5	-	-	-	150	175	0	0	50	175	0	0	25	100

мнению, разница связана с качеством работ по паспортизации нерестовых рек, проведенных в 1970-80 гг. соответствующими районными контрольно-наблюдательными станциями.

Река Венгери протекает по территории комплексного заказника «Восточный», на которой сохранились девственные леса и полностью отсутствуют любые антропогенные воздействия, в том числе регулирование пропуска производителей на нерестилища. Общественная организация «Экологическая вахта Сахалина» в течение трех лет подряд организовывала учеты численности производителей горбуши, заходящей на нерест в реку. В 2009 г. заполнение нерестилищ достигало 1,5 млн. особей. При площади нерестилищ в 20 тыс. кв. м на каждый квадратный метр нерестилищ приходилось бы 75 штук! В реальности же такого переполнения не наблюдалось. Если принять нашу оценку нерестового фонда реки Венгери в 217 тыс. кв. м, то заполнение в нерестовый период 2009 г. составило 6,9 экз./м².

Занижение площадей нерестилищ в прошлом можно обнаружить и при оценке сплошным обследованием в ходе сплава. Так, нерестовый фонд крупной реки Лангери (экорегон Северо-Восток) оказался на 70% больше официального (Горяинов и др., 2009).

Наше обследование части русла реки Лютога принесло результат + 7,5% к нерестовому фонду, определенному в 1980 году. При этом оказалось

Таблица 3 Средняя плотность нерестилищ для разных типов рек удобно использовать речную морфологию при выявлении площадей дна, используемых горбушей для нереста.

Тип реки (Rosgen, 1994)	A	B	C	E	F
Плотность нерестилищ (% от водного зеркала)	16,5	29,2	33,2	24,6	24,2

Согласно табл. 4 наилучшее заполнение (1,83 экз./м²) отмечено для участка Высокое - Огоньки с незначительной извилистостью (1,68), относительно высокой частотой чередования русловых структур плес/перекат (2,15), средним числом осередков (1,07) и побочной (0,95) и минимальной долей нерестилищ с горизонтальной фильтрацией (20,2% от площади нерестового фонда). 44,2% длины этого участка занято перекатами, преобладающий тип реки по Росгену – С4.

На водотоках с выраженными элементарными геоморфологическими единицами, такими как плес и перекат, горбуша обычно нерестится там, где начинается переход от плесов к перекатам и на перекатах, хотя их гребни используются редко (Рухлов, 1969; Смирнов, 1975; Леман, 2003; Бугаев и др., 2007; Павлов и др., 2009; Есин и др., 2009; Канзепарова, 2010). На этих участках вода за счет разницы уровней выше и ниже переката фильтруется в грунт русла (даунвеллинг). Значительно более интенсивный, чем на других участках, ток воды в грунте создает благоприятные условия для развития икры.

По другим наблюдениям (Махинов, 2006; Чалов, 2008) площадь используемых нерестилищ увеличивается на участках осередкового разветвления и пойменной многоруканности. Наибольшей продуктивностью характеризуются нерестилища в протоках, находящихся в стадии относительно устойчивого состояния.

Нерестилища горбуши в основном русле реки тяготеют также к верхним по течению частям излучин вдоль выпуклого и нижним частям излучин у вогнутого берегов (Махинов, 2006). Подводные прибрежные отмели именно на этих участках русла отличаются хорошей сортированностью и незначительной заиленностью аллювиальных отложений.

Иногда нерестилища лососей располагаются на так называемых продольных косах (Остроумов, 1975; Бугаев и др., 2007). Продольные косы образуются непосредственно ниже очень крутых вогнутостей реки. Постепенно удлиняясь, косы могут завалить нижележащий плес в его верхней части. Нерестилища размещаются на таких косах или по их краям.

Используя карты, составленные в формате ArcMap, можно показать собранные материалы в масштабе речного бассейна или его отдельных частей. На рис. 1 показана плотность нерестилищ на обследованных участках русла р. Лютога. Рис. 2 дает представление о распределении форм руслового рельефа (перекаты, плесы, ямы, пороги) и некоторых особенностей (древесные завалы, осередки и острова).

Характерные для нереста горбуши участки можно увидеть на доступных спутниковых снимках программы Google Earth (рис. 3 и табл. 5). Нерест горбуши происходит на перекате З-И, на участке осередкового разветвления В-Г (при этом левая проточка не используется), на побочке вдоль левого берега на участке Г-Д и на продольной косе, примыкающей к левому берегу на участке Е-Ж.

Таблица 4

Основные характеристики р. Луютога

Участок	Длина, км	Извилистость	Длина перека- тов, %	Плес/перекат, шт./км	Яма, шт./км	Порот, шт./км	Острова/ осередки, шт./км	Побочни, шт./км	Древесные заломы, шт./км	% нерестовой площади	Площадь плитняка, %	Горизонтальная фильтрация, %	Плотность заполнения, шт./м ²
Пятиречье-Чапраново	7,84	1,57	42,0	3,57	2,17	1,27	1,91	0,76	0,13	н. д.	30	н. д.	0,63
Чапраново-Бамбучки	11,03	1,67	28,1	2,27	0,72	0,18	0,54	2,04	1,36	21,8	20	4,5	0,38
Бамбучки-Черноземка	18,98	2,02	25,1	1,26	0,26	0,21	1,16	0,63	0,79	28,2	15	8,1	0,30
Черноземка-Высокое	11,62	2,23	17,6	1,03	0,09	0	0,52	0,34	0,60	21,5	10	6,2	1,00
Высокое-Огоньки	8,38	1,68	44,2	2,15	1,19	0,36	1,07	0,95	1,43	21,8	10	4,4	1,83
Огоньки-Артек	11,68	1,77	36,4	1,45	1,03	0,34	1,11	1,28	1,37	28,6	15	9,4	1,00
Артек-Воскресенское	11,40	1,46	0,7	1,75	1,67	0	0,44	2,10	6,58	12,4	0	3,4	1,21
Воскресенское-Анива	4,32	2,16	0	0,23	1,16	0	0,69	0,69	3,93	0	0	0	0
Основное русло	85,25	2,18	25,7	1,71	0,90	0,27	0,93	1,07	1,85	23,5	13	5,6	0,91
Тиобут	20,09	1,89	55,3	2,39	1,04	1,19	0,95	0,45	1,29	н. д.	20	н. д.	0,71
Быстрая	17,18	1,64	30,4	4,07	2,15	1,28	1,22	1,45	4,13	12,8	60	н. д.	2,02

А вот на длинном прямолинейном плесе с ламинарным течением Ж-3 при наличии подходящего нерестового субстрата нереста горбуши не наблюдалось. Такие нерестилища расположены на участках с горизонтальной фильтрацией воды в грунте (Леман, Кляшторин, 1987; Леман, 2003). Отсутствие вертикальной фильтрации связано с наличием на данном участке слабопроницаемого пласта, отделяющего речные воды от подруслового потока. Эти потенциальные нерестилища используются горбушей только после заполнения типичных нерестилищ с элементами вертикальной фильтрации вод. В нашем исследовании площадь таких участков составляла от 20 до 33% от общего нерестового фонда.

В табл. 5 представлен краткий анализ пространственного распределения речных структур и нерестилищ со спутникового снимка типичного участка среднего течения Луютога. На 3 км русла приходится 4 плеса, 3 переката, 2 ямы, 1 осередок, 3 древесных заломы, 2 участка береговой эрозии (320 и 240 м). Протяженность перекатов составляет 32,4 %.

При проведении учета производителей горбуши отмечено предпочтение при выборе мест для нереста типичным нерестили-

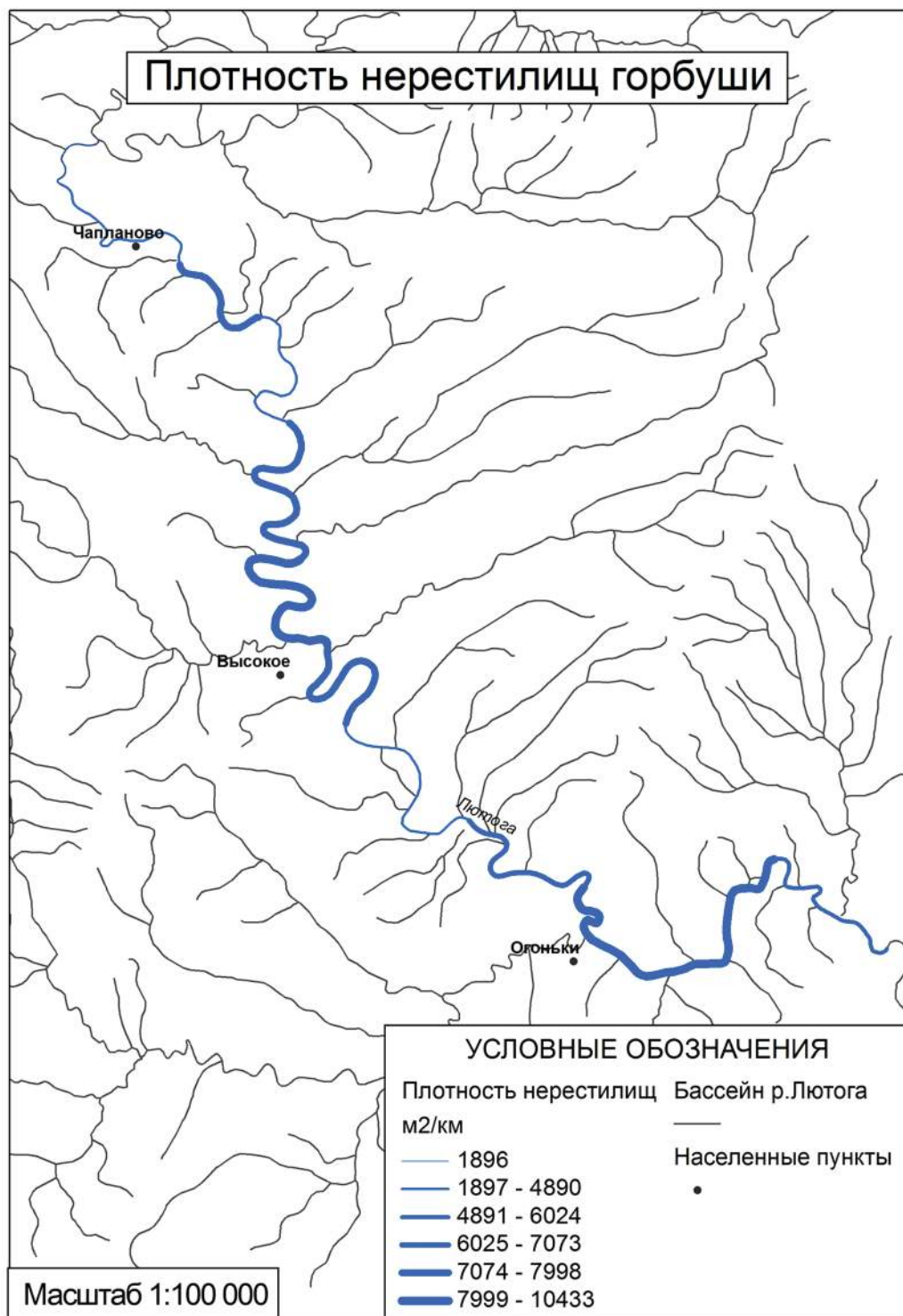


Рис. 1. Плотность нерестилищ горбуши в русле р. Лютога

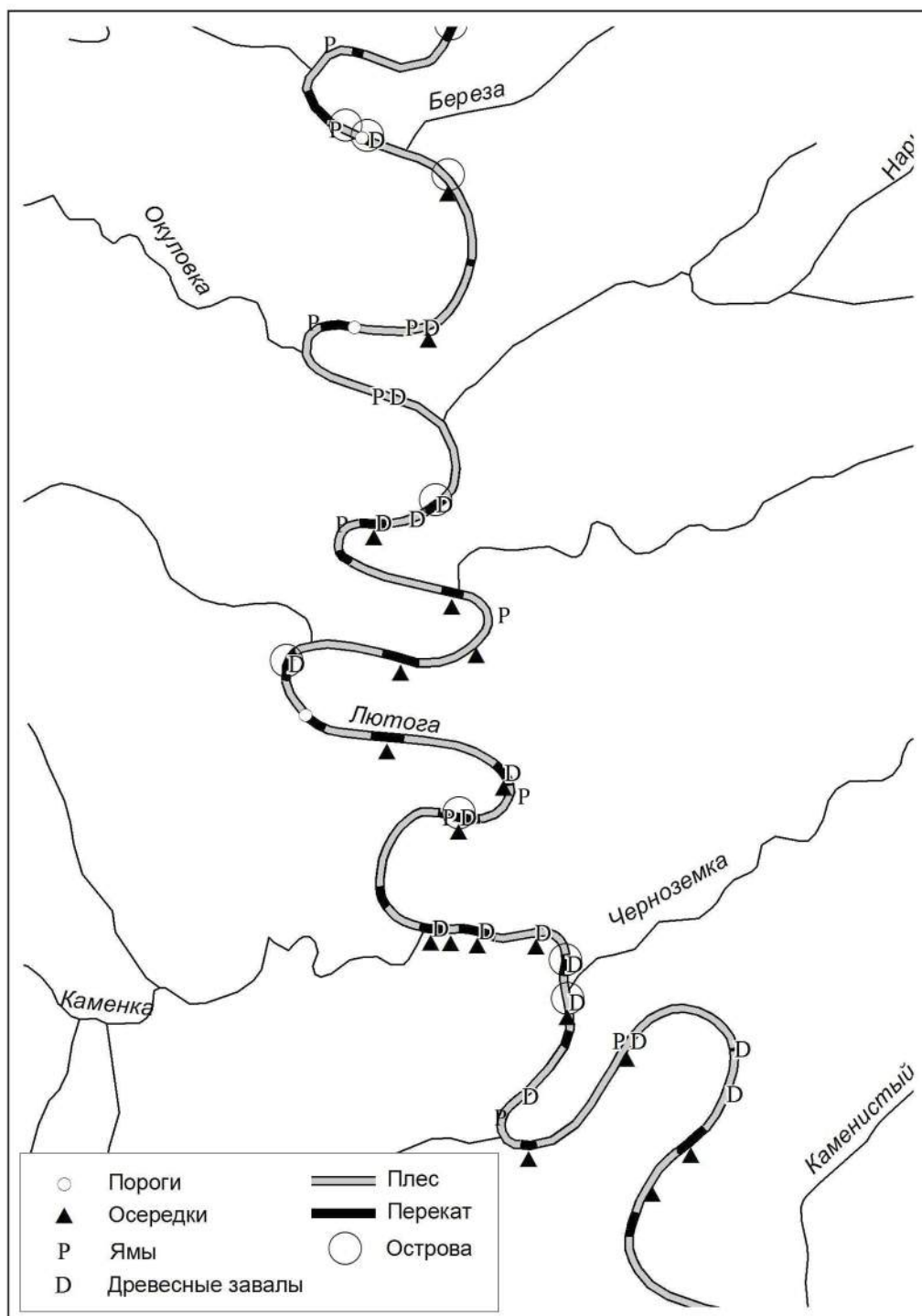


Рис. 2. Геоморфология русла р. Лютога на участке Бамбучки-Черноземка

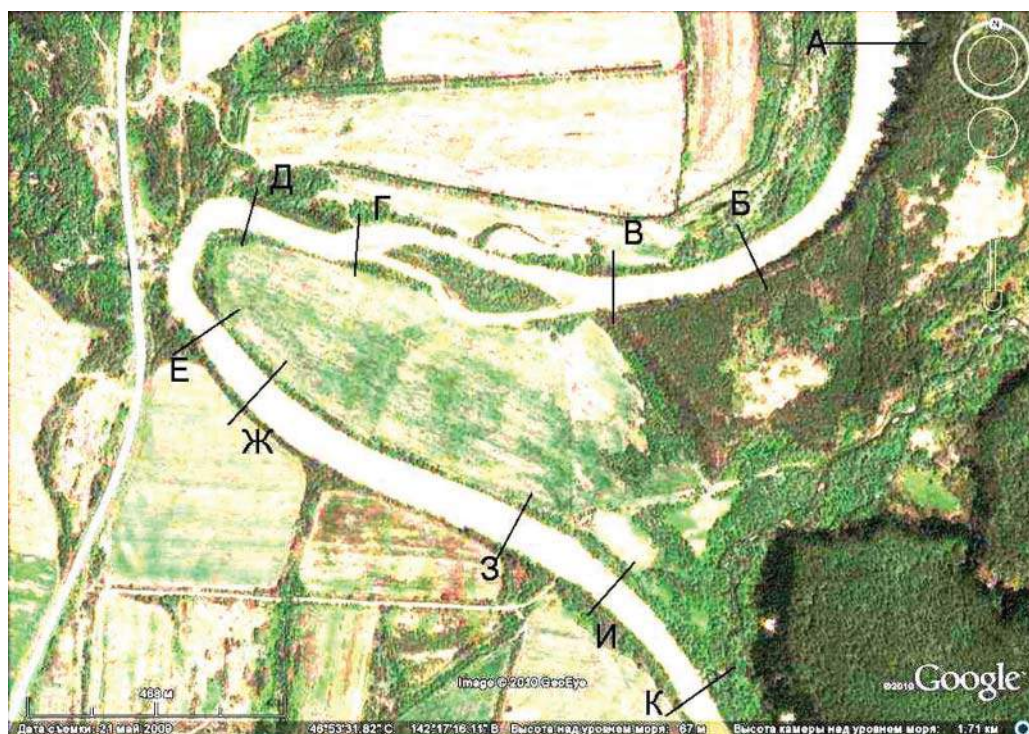


Рис. 3. Спутниковый снимок участка русла р. Лютога

Таблица 5

Краткий анализ спутникового снимка типичного участка р. Лютога (рис. 3)

	Форма	Площадь вод. зерк.	Нерестилища		Описание
			%	Площадь	
А-Б	Плес	2930	0	0	Эрозионная яма
Б-В	Плес	1960	0	0	Плитняк, т.к. на левом берегу горный массив, занимает 8,9% от общей площади. Древесный залом на левом берегу.
В-Г	Пережат	2440 +1370	80 0	1950 0	Осередок с древесным заломом. На правом берегу эрозионный участок. В левой протоке быстрое течение
Г-Д	Плес	1250	50	625	На левом берегу побочень с нерестилищами. На правом – древесный залом.
Д-Е	Плес	1870	0	0	Омут у вогнутого берега
Е-Ж	Пережат	1520	50	760	Продольная коса от левого берега
Ж-З	Плес	5040	70	3530	Участок нерестилищ с горизонтальной фильтрацией. 22,9% от общей площади, 60,8% от нерестового фонда.
З-И	Пережат	1790	80	1430	Лучшее нерестилище, но 20% его площади занято под брод
И-К	Плес	1800	0	0	На левом берегу – участок эрозии
		21970	37,8	8295	

щам. В условиях относительно немногочисленных подходов (в среднем 45,6 % от оптимальной плотности заполнения), производители выбирали в первую очередь нерестилища на границе плес-перекат, затем на побочнях и осередках.

Таким образом, участки с потенциально лучшими нерестилищами могут быть выделены при анализе пространственного распределения таких русловых структур, как острова, осередки и побочни, а также частоты чередования плесов и перекатов. В то же время, ямы и плесовые ложины используются лососями для отстаивания до нереста, пороги и валунные кластеры играют роль поддержания достаточного содержания кислорода в воде, древесные заломы создают укрытия для рыб, а нависающие деревья создают затененность и контролируют температуру воды. Разнообразие элементов руслового рельефа значительно меньше в пределах участков прямолинейного русла, что определяет снижение здесь показателей нереста. Изучая разнообразие таких абиотических факторов, мы можем делать выводы о потенциале естественного воспроизводства рек и их участков.

БЛАГОДАРНОСТИ

Проведение исследований стало возможным благодаря поддержке автономной некоммерческой организации «Сахалинская лососевая инициатива» и Сахалинской региональной общественной организации «Экологическая вахта Сахалина».

Пользуясь случаем, благодарим за помощь в составлении ГИС-карт Кристину Фридл (Центр дикого лосося), Александра Цоя (ФГУП «СахНИРО») и Леонида Квона (студента Сахалинского государственного университета). Все работы проводились под руководством и при личном участии Анатолия Юрьевича Семенченко (АНО «Сахалинская лососевая инициатива»).

ЛИТЕРАТУРА

- Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О., Зорбиди Ж.Х., Остроумов А.Г., Тиллер И. В. 2007.** Рыбы реки Камчатка. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. 459 с.
- Горяинов А.А., Койнов А.А., Смирнов В.В. 2009.** Нерестовый ход горбуши на реке Лангери (Северо-Восточный Сахалин) // Бюл. № 4 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИПРО-центр. С. 257–264
- Есин Е.В., Чебанова В.В., Леман В.Н. 2009.** Экосистема малой лососевой реки Западной Камчатки (среда обитания, донное население и ихтиофауна). М.: Т-во научн. изданий КМК. 170 с.
- Золотухин С.Ф. 2009.** Методические указания по учету тихоокеанских лососей на нерестилищах. Хабаровск: ХФТИПРО-центр. 9 с.
- Леман В.Н., Кляшторин Л.Б. 1987.** Методические указания по оценке состояния нерестилищ тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО. 28 с.
- Леман В.Н. 2003.** Экологическая и видовая специфика нерестилищ тихоокеанских лососей р. *Oncorhynchus* на Камчатке // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 12–34
- Макеев С.С. 2010.** Регулирование заполнения нерестовых рек производителями лососей. Южно-Сахалинск: ФГУ «Сахалинрыбвод». 52 с. www.aniva-online.ru/publication
- Маккавеев Н.И. 1955.** Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во МГУ. 351 с.

- Махинов А.Н. 2008.** Геоморфологическое положение нерестилиц в нижнем течении реки Гур // Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. Владивосток: Дальнаука. С. 45–53
- Методики ихтиологических исследований. 2004.** Сост. Макеев С. С. Южно-Сахалинск. 38 с.
- Остроумов А.Г. 1975.** Нерестовый фонд и состояние запасов дальневосточных лососей в водоемах п-ова Камчатка и Корякского нагорья в 1957-1971 гг. (по материалам авиаучетов и аэрофотосъемок) // Тр. ВНИРО. Т. 106. С. 21–33
- Павлов Д.С., Савванитова К.А., Кузищин К.В., Груздева М.А., Стенфорд Д.А. 2009.** Состояние и мониторинг биоразнообразия лососевых рыб и среды их обитания на Камчатке (на примере территории заказника «Река Коль»). М.: Т-во научн. изданий КМК. 152 с.
- Программа экспедиционных обследований рыбохозяйственных водоемов Сахалинской области. 1982.** Южно-Сахалинск: ФГУ «Сахалинрыбвод». 20 с.
- Рухлов Ф. Н. 1969.** Материалы по характеристике механического состава грунта нерестилиц и нерестовых бугров горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) и осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) на Сахалине // Вопр. ихтиол. Т. 9. вып. 5. С. 839–849
- Рухлов Ф. Н. 1970.** Нерестилица лососей рода *Oncorhynchus* на Сахалине // Зоол. ж. Т. 49, вып. 3. С. 390–398
- Сахалинская область. Географический очерк. 1994.** Приложение к «Атласу Сахалинской области. Ресурсы и экономика». Ред. Козынюк В. М. Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство. 240 с.
- Семенченко А.Ю. 2005.** Исследование рыбных сообществ в водотоках бассейна реки Кивевка // Научные исследования природного комплекса Лазовского заповедника. Владивосток: Русский остров. С. 156–173
- Смирнов А.И. 1975.** Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. М.: Изд-во МГУ. 335 с.
- Спрингмейер Д., Пинский М.Л., Портли Н.М., Бонкоски Ж., Рэнд П. 2007.** Ранжирование сахалинских речных бассейнов для сохранения лососевых // Труды СахНИРО. Т. 9. С. 264–294
- Чалов С.Р. 2008.** Принципы классификации русловых процессов при изучении условий формирования речных экосистем // Чтения памяти В. Я. Леванидова. Вып. 4. Владивосток. 2008. С. 5–15
- Шунтов В.П. 2005.** Концепция дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей на период 2006–2010 гг. Владивосток: ТИНРО-центр. 62 с.
- Gottesfeld A.S., Tunnicliffe J.F., Hassan M.A. 2004.** Spawning gravel quality and salmon production in British Columbia // Forest-Land-Fish Conference II, April. P. 26–28.
- Inoue M., Nakano S. 1998.** Effects of woody debris on the habitat of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in northern Japanese streams // Freshwater Biology. V. 40. P. 1–16
- Inoue M., Nakano S. 1999.** Habitat structure along channel-unit sequences for juvenile salmon: a subunit-based analysis of in-stream landscapes // Freshwater Biology. V. 42. P. 597–608
- Inoue M., Nakano S. 2001.** Fish abundance and habitat relationships in forest and grassland streams, northern Hokkaido, Japan // Ecological Research. V. 16. P. 233–247
- Inoue M., Nunokawa M. 2002.** Effects of longitudinal variations in stream habitat structure on fish abundance: an analysis based on subunit-scale habitat classification // Freshwater Biology. V. 47. P. 1594–1607
- Kondolf G. M. 2000.** Assessing salmonid spawning gravel quality // American Fisheries Society. V. 129. P. 262–281
- Montgomery D. R., Beamer E. M., Pess G. R., Quinn T. P. 1999.** Channel type and salmonid spawning distribution and abundance // Can. J. Aquat. Sci. V. 56. P. 377–387

- Reeves G. H., Hohler D. B., Larsen D. P., Busch D.E., Kratz K., Reynolds K., Stein K. F., Atzet T., Hays P., Teehan M. 2004.** Effectiveness monitoring for the aquatic and riparian component of the Northwest Forest Plan: conceptual framework and options. General Technical Report PNW-GTR 577. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon. 71 p.
- Rosgen D.L. 1994.** A classification of natural river. *Catena*. 22. Elsevier Science. Amsterdam. P. 169–199
- Rosgen D. L. 1997.** A geomorphological approach to restoration of incised rivers. Proceedings of the Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision. Wildland Hydrology Books, 1481 Stevens Lake Road, Pagosa Springs, CO. 11 p.
- Rosgen D. L. 2006a.** River Restoration using a Geomorphic Approach for Natural Channel Design // Proceedings of the Eighth Federal Interagency Sedimentation Conference: V. 1. P. 394–401
- Rosgen D. L. 2006b.** The Application of Stream Classification Using the Fluvial Geomorphology Approach for Natural Channel Design: The Rest of the Story. Wildland Hydrology, 11210 N. Co. Rd. 19, Ft. Collins, CO. 16 p.
- Shuett-Hames D., Pleus A. E., Smith D. 1999.** TFW Monitoring Program method manual for the salmonid spawning gravel scour survey. Prepared for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timber, Fish, and Wildlife Agreement. TFW-AM9-99-008. DNR #110. December. 41 p. www.nwifc.wa.gov
- Stanford J. A., Lorang M. S., Hauer F. R. 2005.** The shifting habitat mosaic of river ecosystems // *Verh. Intern. Verein. Limnol.* V. 29. P. 123–136.