https://doi.org/10.36038/2307-3497-2025-199-36-53
EDN: HTMRSW

ТРУДЫ ВНИРО. 2025 г. Т. 199. С. 36-53
TRUDY VNIRO. 2025. V. 199. P. 36-53

УДК 597.552.511:59.087:528.946

Промысловые виды и их биология

Опыт ГИС-картирования нерестилищ и распределения тихоокеанских лососей в модельных реках Западной Камчатки с использованием архивных данных

В.Н. Леман[1], А.А. Леман[2]

[1] Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187
[2] ООО «ЭНСОР», Большая Садовая, 14, Москва, 123001
E-mail: leman@vniro.ru
SPIN-код: Леман В.Н. 6278-8636, Леман А.А. Author ID 184703

Целью работы является разработка методических приёмов ГИС-картирования нерестилищ тихоокеанских лососей по результатам аэровизуальных учётов их численности и распределения в речных системах. **Используемые методы:** оцифровка архивных материалов, составление базы пространственных данных, ГИС-картирование. **Новизна:** на основе разработанных подходов для пяти видов тихоокеанских лососей на примере двух модельных рек проведено геоинформационное картирование распределения их нерестилищ, численности и встречаемости в речной системе. **Результат:** картографическая база данных в виде набора электронных карт на единой цифровой основе масштаба 1:200 000 с нанесёнными координатами. Ввод, поиск и использование картографической информации осуществляется по общепринятой процедуре, предусмотренной ГИС-технологиями. Все карты имеют идентичную структуру базы данных и сгруппированы в 4 тематических раздела: каталог водотоков бассейнов рек Коль и Кехта (Кунтово); пространственное расположение нерестилищ в речной системе – отдельно для каждого вида (горбуша, кета, чавыча, нерка, кижуч) и сводная карта по всем видам; видовое разнообразие тихоокеанских лососей, в том числе карта распространения проходной микижи; нерестовое значение водотоков в воспроизводстве отдельных видов тихоокеанских лососей. Предложен индекс плотности распределения нерестилищ в реках, рассчитываемый как отношение площади нерестилищ к протяжённости водотока или его участка. **Практическая значимость:** результаты исследований могут представлять методический интерес для картирования нерестового фонда тихоокеанских лососей на российском Дальнем Востоке.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, карта нерестилищ, цифровизация архивных данных, Камчатка.

A case study of mapping archive data on spawning ground's locations and distribution of pacific salmon in sample rivers of Western Kamchatka

Vsevolod N. Leman[1], Alexandra A. Leman[2]

[1] Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia
[2] «ENSOR» LLP, 14, Bolshaya Sadovaya, Moscow, 123001 Russia

The aim of the work is to develop methodological approaches to GIS mapping of Pacific salmon spawning grounds based on the results of aerial visual surveys of their abundance and distribution in river systems. **Methods used:** digitization of archive materials, compilation of spatial databases, GIS mapping. **Novelty:** The mapping of the distribution of spawning grounds, abundance and occurrence of five Pacific salmon species in two model river systems was carried out based on the developed approaches. **The results obtained:** GIS-database including a set of electronic maps on a single geo-referenced digital basis at a scale of 1:200 000. The input, search and use of cartographic information is carried out according to the generally accepted procedure provided by GIS technologies. All maps have an identical database structure and are grouped into 4 thematic sections: a list of watercourses of the Kol and Kekhta (Kuntovo) river basins; spatial distribution of spawning grounds in the river system – separately for each of the species (pink salmon, chum salmon, chinook salmon, sockeye salmon, coho salmon) and a map which summarized data for all species; species diversity of Pacific salmon, including a map of the distribution of the anadromous mykiss *Parasalmo mykiss*; contribution of watercourses regarding in the reproduction of subject species. A density index of spawning grounds is proposed to be calculated as the ratio of the area of spawning grounds to the length of a watercourse or its section. **Practical significance:** The research results is of methodological significance for mapping of the spawning stock of Pacific salmon in the Russian Far East.

Keywords: pacific salmon, map of spawning grounds, digitalization of archive data, Kamchatka.

ВВЕДЕНИЕ

Аэровизуальная съёмка и применение её результатов в целях учёта численности тихоокеанских лососей в реках начата на Дальнем Востоке в 1950-60 гг. [Крогиус, 1955; Остроумов, 1962; 1964; 1975; Евзеров, 1979; 1983 и др.] и продолжается до сих пор [Пастырев, 2007; Фадеев и др., 2019; Шевляков и др., 2019; Шевляков, Шубкин, 2020 и др.], но с меньшим территориальным охватом и постепенным переходом с малой авиации на беспилотные летательные аппараты [Запорожец, Запорожец, 2017; Фадеев и др., 2019; Запорожец и др., 2020; Свиридов, Золотухин, 2020; Свиридов и др., 2022 а, б; Никифоров и др., 2023; Скорик, 2023; Wirth et al., 2012; Whitehead et al., 2014; Harrison et al., 2020 и др.]. В результате многолетних работ в рыбохозяйственных институтах был накоплен большой массив данных, требующий на современном этапе осмысления и формализации для дальнейшего использования. Наглядным способом представления этой информации является составление карт нерестилищ и распределения лососей в речных бассейнах. Однако исторически подавляющий объём собираемой информации оформлялся в виде машинописных отчётов с таблицами, графиками и картосхемами, которые, отличаясь по исполнению и детальности, не были пригодны к переносу на картографическую основу без предварительной цифровой обработки. В настоящее время картографическая визуализация архивных материалов на регулярной основе не проводится. Данная статья содержит практические рекомендации по обработке первичной архивной информации и последующего создания с использованием ГИС-технологий тематических карт распределения нерестилищ лососей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методические приёмы построения карт нерестилищ тихоокеанских лососей отработаны на примере двух западно-камчатских рек – Коль и Кехта (Кунтово), взятых в качестве модельных объектов (см. рис. 1). В 2006 г. здесь был образован государственный экспериментальный биологический (лососевый) заказник регионального значения «Река Коль» [Леман, Лошкарева, 2005; Постановление ..., 2006[1]; 2016[2]]. Выбор данного района был определён его высокой обеспеченностью аэровизуальными учётами численности и распределения лососей в речной системе и их чёткой пространственной привязкой к водным объектам [Остроумов, 1989[3]; 1999[4]].

В бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово) почти все водотоки используются тихоокеанскими лососями в качестве нерестово-нагульных, т. е. относятся к водным объектам высшей рыбохозяйственной категории. Видовой состав ихтиофауны в районе работ включает 6 видов тихоокеанских лососей: горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792), кета *O. keta* (Walbaum, 1792), нерка *O. nerka* (Walbaum, 1792), чавыча *O. tshawytscha* (Walbaum, 1792), кижуч *O. kisutch* (Walbaum, 1792), сима *O. masou* (Brevoort, 1986), 2 вида гольцов рода *Salvelinus* – мальма *S. malma* (Walbaum, 1792) и кунджа *S. leucomaenis* (Pallas, 1814), а также микижу *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792), проходная форма которой (камчатская сёмга) занесена в Красную книгу Российской Федерации [Красная книга ..., 2021]. Помимо лососевых рыб, в данных реках встречаются азиатская зубатая корюшка *Osmerus mordax dentex* Steindachner, 1870, вахня, дальневосточная навага *Eleginus gracilis* (Tilesius, 1810), трёхиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* L., 1758, девятииглая колюшка *Pungitius pungitius* (L., 1758), амурская колюшка *Pungitius sinensis* (Guichenot, 1869), звёздчатая камбала *Platichthys stellatus* (Pallas, 1787), плоскоголовая (дальневосточная) широколобка, керчак *Megalocottus platycephalus* (Pallas, 1814), тихоокеанская минога *Lethenteron camtschaticum* (Tilesius, 1811) [Павлов и др., 2009].

Обе модельные реки, имея смежные водосборы (их устья находятся в 15 км друг от друга), образуют единую территорию площадью 2237 км^2. Длина р. Коль составляет 122 км, площадь водосбора – 1580 км^2. В неё впадают 4 основных притока – Коклянка длиной 46 км, Чаевая (10 км), Красная (18 км), Нилкина (9 км), а также 18 притоков длиной менее 10 км общей протяжённостью 48 км и 144 ручья (87% от общего числа водотоков), суммарная длина которых 367 км, что составляет 43% от общей длины всех водотоков. Большинство малых водотоков не имеют

[1] Постановление администрации Камчатской области от 25 апреля 2006 г. № 206 «Об образовании экспериментального биологического (лососевого) заказника регионального значения "Река Коль"», 2006. 41 с. https://kamgov.ru/files/5c6e25d3196c00.30233946.pdf?ysclid=m6unqhw5t8618690702. 07.02.2025.

[2] Постановление Губернатора Камчатского края от 22 апреля 2016 г. № 42 «О продлении срока функционирования государственного экспериментального биологического (лососевого) заказника регионального значения "Река Коль"», 2016. 1 с. https://kamgov.ru/document/frontend-document/view-npa?id=11604&ysclid=m6uns2gbh4142188988. 077.02.2025.

[3] Остроумов А.Г. 1989. Нерестовый фонд лососей рек юго-западной Камчатки. Отчёт о НИР КамчатНИРО. № 5245, № ГР 01880073029. Петропавловск-Камчатский. 70 с.

[4] Остроумов А.Г. 1999. Нерестовое значение рек и озер Камчатской области и Корякского автономного округа (западное побережье). Отчёт о НИР КамчатНИРО. № 6472, № ГР 01980008756. Петропавловск-Камчатский. 122 с.

названия. На водосборе имеются 58 озёр общей площадью 1,18 км^2. Свыше 54% длины основного русла реки лежит в зоне высот до 200 м, около 34% – от 201 до 500 м над уровнем моря [Ресурсы ..., 1966].

Река Кехта имеет длину 73 км, площадь водосбора – 657 км^2, в неё впадают 24 притока длиной <10 км общей протяжённостью 64 км. Наиболее крупный приток – р. Кунтово, длиной 53 км. На водосборе имеются 40 озёр с общей акваторией 1,40 км^2. Река протекает преимущественно в высотной зоне до 200 м, на высоты от 201 до 500 м над уровнем моря приходится около 10% длины русла [Ресурсы ..., 1966].

В качестве исходных данных при картировании нерестилищ использованы архивные материалы аэровизуальных учётов на реках Коль и Кехта (Кунтово), выполненных Камчатским филиалом ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» с применением малой пилотируемой авиации [Остроумов, 1962; 1964; 1975]. Учёты проводились для пополнения базы данных о численности рыб, зашедших на нерест, и их распределении по речной сети. Для р. Коль информация имеется для кеты, горбуши и нерки с 1957 г., для чавычи и кижуча – с 1968 и 1975 гг., соответственно. Для р. Кехта аналогичные данные есть для кеты и горбуши с 1959 г., кижуча с 1975 г., для чавычи и нерки с 1998 г. [Остроумов, 1989]. Дополнительные материалы были получены сотрудниками кафедры ихтиологии биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова [Павлов и др., 2009; Кузищин, 2010], а также в ходе собственных пеших учётов численности в 2004-2005 гг. Для представителей других видов лососевых рыб (голец, кунджа, микижа, сима) количественные данные по площадям нерестилищ и численности отсутствуют.

Для визуализации табличных данных, имеющих пространственную привязку, рекомендуются к применению картографические программы (платные – ArcGIS (ESRI) и бесплатные – QGIS) [Шевляков и др., 2013; Глубоковский и др., 2017]. В данной работе уточнение пространственных границ нерестилищ осуществлялось на картографической основе, представленной Российским агентством по геодезии и картографии. Цифровая модель территории, соответствующая листам топографической карты масштаба М:200000, разработана ООО «Дата+». Исходная географическая информация представлена в виде картографических слоёв формата ArcView 8.2 и базы географически привязанных данных формата MS Access [Лошкарева, 2008].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Процесс картирования нерестового фонда состоит из ряда, последовательно выполняемых этапов работ:

– подготовка картографической основы определённого масштаба, достаточного для отображения гидрографической сети;

– оценка полноты, достоверности и систематизация (стандартизация) архивных данных, имеющих, как правило, табличную форму;

– перевод архивных данных, содержащихся в отраслевой отчётности, в стандартизированную электронную форму;

– преобразование табличных данных в пространственный или точечный объект, который можно отобразить на карте.

На первом этапе ГИС-картирования нерестового фонда лососей составляется гидрологический каталог водных объектов. Для этого каждому водотоку, отображаемому на карте масштаба 1:200000 (см. рис. 1), присваивается уникальный индекс, что делает возможным географическую привязку табличных данных. Для основных рек и притоков разных порядков вводятся цифровые коды, состоящие из нескольких (от 1 и более) индексов, указанных через дефис. Число индексов зависит от порядка водотока и его удалённости от основной реки. Реки Коль, Кехта и Кунтово выступают как главные водотоки с кодами I, II и III, соответственно, а их притоки 1-го, 2-го и 3-го порядков имеют численные коды 1, 2 и 3, соответственно. Водотоки 4-го порядка и выше в нумерацию вводить нецелесообразно из-за неточности их отображения на топографической карте масштаба 1:200000. Для разбиения основного русла на участки при необходимости вводятся буквенные обозначения. Такой подход позволяет облегчить автоматизацию обработки информации, хранимой в базе данных. Кроме того, учитывая, что не каждая река, отображаемая на карте масштаба 1:200000, имеет название, индексация облегчает процесс распознавания водных объектов и исключает возможные ошибки, связанные с наличием одинаковых названий.

Важнейший этап ГИС-картирования нерестового фонда – инвентаризация и стандартизация архивных материалов, представленных в виде бумажных отчётов, и их перенос, после выверки, в электронную базу данных формата MS Access. Структура такой базы данных разрабатывается с учётом необходимости географической привязки текстовых и табличных данных для графического представления в рамках ГИС.

Для картографической визуализации табличных данных, требуется, как правило, их предварительная обработка. Отчётные материалы, содержащие результаты аэровизуальных учётных работ, имеют в большинстве случаев вид обширных таблиц, содержащих не только количественную, но и качественную (описа-

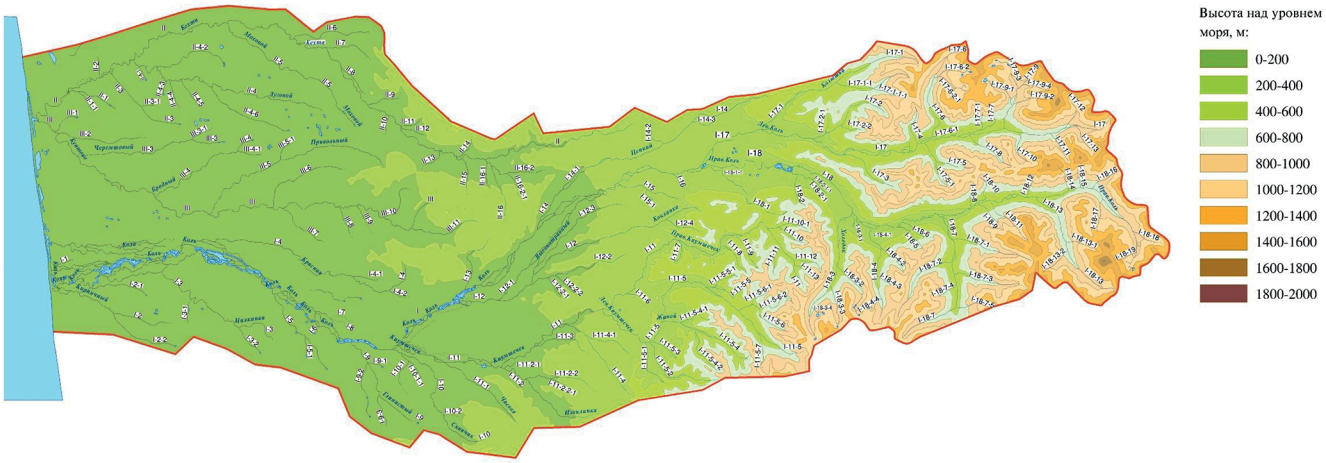

Рис. 1. Каталог водотоков бассейнов рек Коль и Кехта (Кунтово): Первый индекс: I – речная система р. Коль, II – речная система р. Кехта, III – речная система р. Кунтово. Второй индекс: 1, 2, 3 – притоки рр. Коль, Кехта, Кунтово (реки 1-го порядка). Третий индекс: 1, 2, 3 – реки, впадающие в притоки 1-го порядка (реки 2-го порядка). Четвёртый индекс: 1, 2, 3 – реки, впадающие в притоки 2-го порядка (реки 3-го порядка)

Fig. 1. List of watercourses located within the basins of the rivers Kol and Kekhta (Kuntovo). The first position: I – the Kol river basin, II – the Kekhta river basin, III –the Kuntovo river basin. The second position: 1, 2, 3 are the tributaries of rivers Kol, Kekhta, Kuntovo (1st order tributaries). The third index: 1, 2, 3 – rivers flowing into tributaries of the 1st order (the 2nd order tributaries). The fourth index: 1, 2, 3 – rivers flowing into tributaries of the 2nd order (the 3rd order tributaries)

Таблица 1. Пример оформления результатов количественного учёта нерестилищ тихоокеанских лососей (выборочная информация из архивных материалов)

Table 1. Sample quantitative recording of Pacific salmon spawning grounds (selected information from archive materials)

Учётный участок	Протяжённость нерестового участка, км	Площадь нерестилищ, га *				
		чавыча	нерка	горбуша	кета	кижуч
р. Коль/Правая Коль (длина 122 км, впадает в Охотское море)						
Участок русла р. Коль длиной 34 км, между устьями рек Киумшичек и Левая Коль	63-69	4,23	1,566	469,89	66,51	13,95
р. Кехта (длина 73 км, впадает в Охотское море)						
Участок русла р. Кехта от точки, отстоящей на 6 км от устья, и далее вверх по течению 64 км	91-93	0	0,351	102,06	16,15	7,29
р. Кунтово (длина 53 км, левый приток р. Кехта, впадает в 1 км от устья)						
р. Кунтово, основное русло с протоками	59,3-62,2	0	0,198	32,274	5,688	3,678
Участок р. Кунтово, вверх от устья 6-8 км по руслу с протоками	41-42	0	0,135	28,53	5,04	2,817
руч. Привольный (длина 20 км, левый приток р. Кунтово, впадает в 23 км от устья)						
руч. Привольный, от устья вверх по руслу 15 км	2,6-2,9	0	0,063	1,350	0,234	0,297
руч. Моховой (длина 16 км, левый приток р. Кехта, впадает в 27 км от устья)						
Участок руч. Моховой, вверх от устья 12 км	2,6-2,9	0	0	0,990	0,216	0,220
Три ключа без названия (правые притоки р. Кехта)						
Три ключа без названия, 6,1-6,4 км по руслу	3,6-3,8	0	0	0,815	0,350	0,163

Примечания: * – Исходные данные по площади нерестилищ, изначально представленные как диапазон значений, для удобства графического отображения приведены к средней величине, суммарно, без разделения на производителей ранних и поздних сроков нерестового хода.

тельную) оценку численности, но всегда с привязкой к конкретному водному объекту или его участку.

В целях картографирования количественные характеристики оформляются в виде таблиц с включением следующих данных: наименование водного объекта; индекс по каталогу; границы учётного участка и его общая протяжённость (км); суммарная длина нерестовой части учётного участка (км); площадь нерестилищ (га) и численность производителей (тыс. экз.) на учётном участке для каждого вида лососей. За элементарную учётную единицу в речном бассейне принимается участок водотока, границы которого отсчитываются в километрах вверх или вниз по течению от приметных природных реперов (от устья притока, выхода скалистых пород, порога и т. д.). Выбор наименьших пространственных единиц определяется однородностью водной среды обитания и возможностью использования данного участка для нереста. В наиболее полном виде – это деление картографируемой площади на сходные по своим условиям минимально возможные участки и оценка абсолютной или относительной численности вида на каждом из них.

На основе имеющихся материалов формируется база данных нерестового фонда промысловых видов тихоокеанских лососей, организованная по определённым правилам и пригодная для ГИС-картирования (см. табл. 1).

При отсутствии необходимости (или трудности) количественного учёта рыб нерестовое значение водотоков оценивается по качественным оценкам. В отличие от количественных учётов, представленных в относительно стандартизированном виде, качественные данные учётов численности, как правило, плохо структурированы, часто дополняются словесными описаниями, для них отсутствуют единицы измерения, что, в целом, затрудняет картографическую визуализацию. Этот пробел восполняется преобразованием качественных характеристик в количественные посредством построения шкалы балльных оценок, что позволяет систематизировать исходную информацию. На Камчатке традиционно используется 8-бальная шкала [Остроумов, 1999], в которой к каждому баллу применяется словесная форма, сопровождаемая количественными пояснениями для выделенных градаций и иногда соответствующими числовыми значениями (см. табл. 2).

Карты, отображающие пространственную локализацию нерестилищ в речных системах, не дают представления о нерестовой значимости конкретного участка в общем воспроизводстве лососей. С этой целью в данной статье вводится специальный показатель – индекс плотности распределения нерестилищ. Для его оценки исходные данные по площадям нерестилищ на учётном участке, выраженные в гектарах, пересчитываются в относительные единицы измерения – гектар на погонный километр участка русла (га/пог. км). Выполненные расчёты показали, что средняя плотность нерестилищ в бассейнах рек Коль и Кехта/Кунтово изменяется в пределах от 0,001 до более 1,0 га/пог. км. Для картографического представления весь диапазон

Таблица 2. Пример оформления результатов качественной (8-балльной) оценки нерестового значения водных объектов (в скобках – значения в баллах)

Table 2. Sample qualitative assessment of the spawning value (8-score scale) of water bodies (values are shown in parentheses)

Водоток, его участок	Длина, км	Вид (баллы) *		
		нижнее течение	среднее течение	верхнее течение
Без названия	12	нерка (I-II) горбуша (III-IV) кета (I-II)	Нерка (I-II) Горбуша (II-III) Кета (I-II)	0
Без названия	16	Горбуша (I-III)	?	x
Безымянный, от устья вверх по течению 19 км	49	нерка (I-II) горбуша (IV-V) кета (II-III)	Нерка (I-II) Горбуша (III-IV) Кета (I-III) Кижуч (I-II)	Нерка (I) Горбуша (I-III) Кета (I) Кижуч (I-II)
Без названия	10	0	0	0

Примечания: * – I – редкие нерестовые площадки с 2-10 особями нерестующих лососей; II – нерестовые площади встречаются значительно чаще; III – через небольшие промежутки нерестовые площадки размещаются по всей длине участка русла при средней плотности заполнения нерестилищ; IV – большая часть русла занята нерестилищами при высокой плотности их заполнения производителями; V – нерестилища занимают почти всю площадь дна при очень высокой плотности заполнения производителями;? – могут располагаться небольшие нерестилища; 0 – нерестилища отсутствуют; x – сведения о заходе и нересте лососей отсутствуют.

значений данного индекса разбивается на несколько градаций. Как правило, достаточно трёх-четырёх градаций, чтобы наглядно отобразить распределение нерестилищ на карте: – более 1,0, от 0,1 до 1,0, от 0,01 до 0,1 и от 0,001 до 0,01 га/пог. км. Ширина шага между градациями подбирается таким образом, чтобы создаваемая карта была наглядной и информативной. На картах речной сети эти градации обозначаются в виде цветных линий разной толщины, назначаемой в зависимости от плотности расположения нерестилищ.

Задача по совмещению на карте результатов количественных и качественных оценок численности решается с использованием определённых соотношений между ними путём перевода первичных баллов в интервальную шкалу, имеющую единицу измерения. В данной работе принято, что каждый балл соответствует определённому интервалу значений индекса плотности распределения нерестилищ: балл V – более 1 га/пог. км, балл IV – 0,1-1,0 га/пог. км, баллы III и II – 0,01-0,1 га/пог. км, а балл I – 0,001-0,01 га/пог. км. Выбор шкалы и численных значений, соответствующих балльным оценкам, полностью назначается экспертом.

Нерестовое значение отдельных водотоков дополнительно оценивается как доля площади нерестилищ, расположенных в них, выраженное в процентах от общего нерестового фонда. Данный тип карт показывает вклад конкретного участка реки в общее воспроизводство вида. Для удобства графического отображения проводится ранжирование этого показателя на несколько диапазонов, например, 50-30, 30-25, 25-10, 10-5 и менее 5 %. Для каждого вида границы диапазонов подбираются с учётом сохранения картографической наглядности.

Аналогично картам распределения нерестилищ составляются карты видового разнообразия тихоокеанских лососей. Методика картографирования сводится к подсчёту числа видов, размножающихся на конкретном участке реки, с отображением этих данных на картах линиями разного цвета.

Итоговая картографическая база данных представляет собой набор электронных вспомогательных, базовых и итоговых карт, имеющих векторный формат, многослойную структуру и сопроводительную атрибутивную информацию. Все карты увязываются с единой цифровой основой масштаба 1:200000 с нанесёнными координатами. Ввод, поиск и использование картографической информации осуществляются по общепринятой процедуре, предусмотренной ГИС-технологиями. Все карты имеют идентичную структуру базы данных и сгруппированы в 4 тематических раздела:

– каталог водотоков бассейнов рек Коль и Кехта (Кунтово) (см. рис. 1);

– пространственное расположение нерестилищ в речной системе – отдельно для каждого вида (горбуша, кета, чавыча, нерка, кижуч) и сводная карта по всем видам (см. рис. 2-7);

– видовое разнообразие тихоокеанских лососей (см. рис. 8), в том числе карта распространения проходной микижи (см. рис. 9);

– нерестовое значение водотоков в воспроизводстве отдельных видов тихоокеанских лососей (см. рис. 10-14).

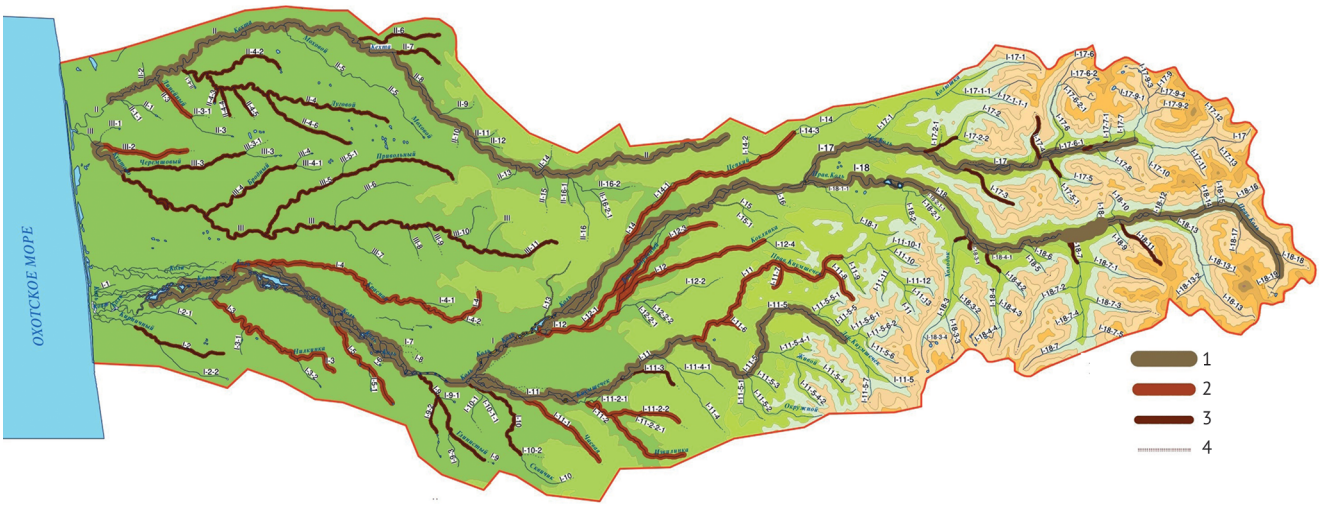

Рис. 2. Расположение нерестилищ горбуши в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово).

Условные обозначения. Плотность расположения нерестилищ горбуши в водных объектах (га/погонный км): 1 – > 1; 2 – от 0,1 до 1; 3 – от 0,01 до 0,1; 4 – от 0,001 до 0,01

Fig. 2. The location of pink salmon spawning grounds within the basins of the Kol and Kekhta (Kuntovo) rivers.

Symbols: the density of pink salmon spawning grounds in water bodies (ha/km): 1 – >1; 2 – 0.1-1; 3 – 0.01-0.1; 4 – 0.001-0.01

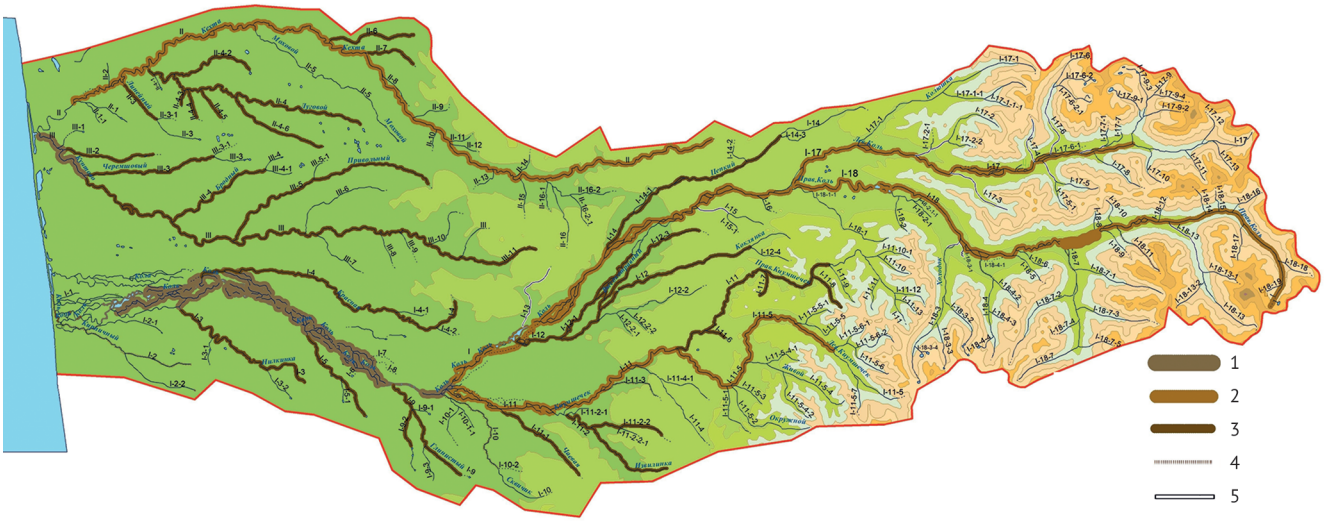

Рис. 3. Расположение нерестилищ кеты в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения. Плотность расположения нерестилищ кеты в водных объектах (га/погонный км): 1 – > 1; 2 – от 0,1 до 1; 3 – от 0,01 до 0,1; 4 – от 0,001 до 0,01

Fig. 3. The location of keta salmon spawning grounds within the basins of the Kol and Kekhta (Kuntovo) rivers. Symbols: the density of keta salmon spawning grounds in water bodies (ha/km): 1 – > 1; 2-0.1-1; 3-0.01-0.1; 4-0.001-0.01

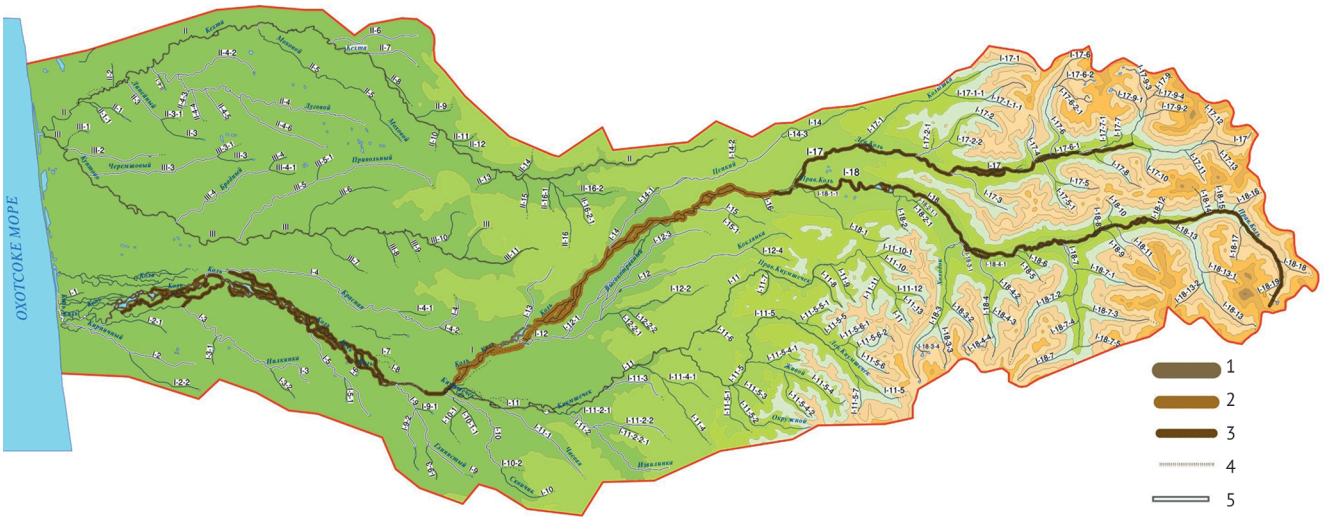

Рис. 4. Расположение нерестилищ чавычи в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения. Плотность расположения нерестилищ чавычи в водных объектах (га/погонный км): 1 – > 1; 2 – от 0,1 до 1; 3 – от 0,01 до 0,1; 4 – от 0,001 до 0,01

Fig. 4. The location of chinook salmon spawning grounds within the basins of the Kol and Kekhta (Kuntovo) rivers. Symbols: the density of chinook salmon spawning grounds in water bodies (ha/km): 1 – > 1; 2-0.1-1; 3-0.01-0.1; 4-0.001-0.01

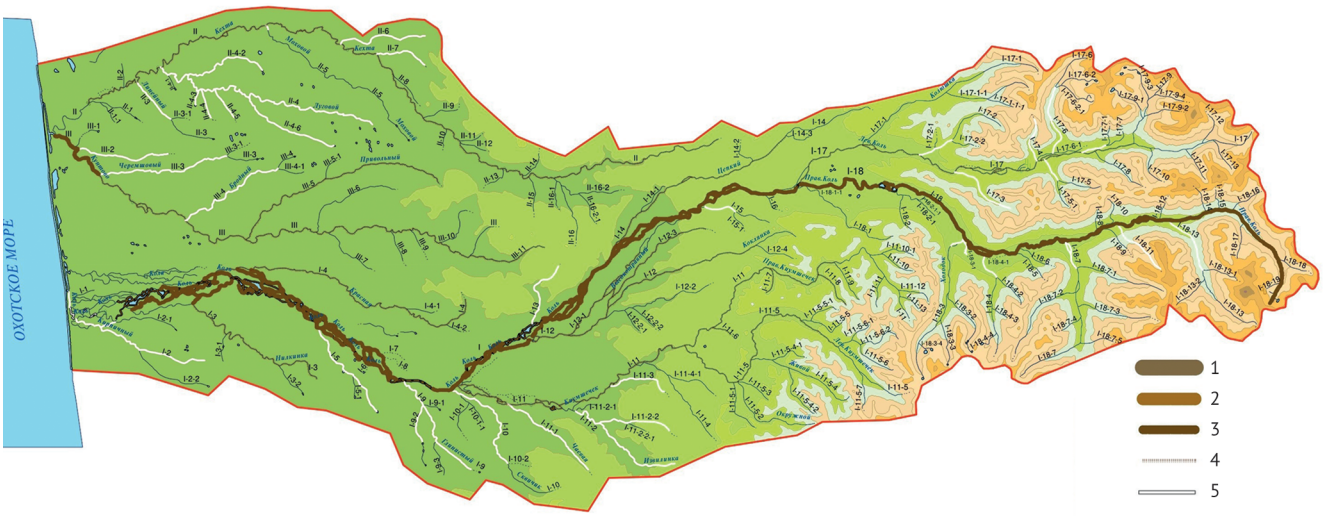

Рис. 5. Расположение нерестилищ нерки в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения. Плотность расположения нерестилищ нерки в водных объектах (га/погонный км): 1 – > 1; 2 – от 0,1 до 1; 3 – от 0,01 до 0,1; 4 – от 0,001 до 0,01

Fig. 5. The location of sockeye salmon spawning grounds within the basins of the Kol and Kekhta (Kuntovo) rivers. Symbols: the density of sockeye salmon spawning grounds in water bodies (ha/km): 1 – > 1; 2-0.1-1; 3-0.01-0.1; 4-0.001-0.01

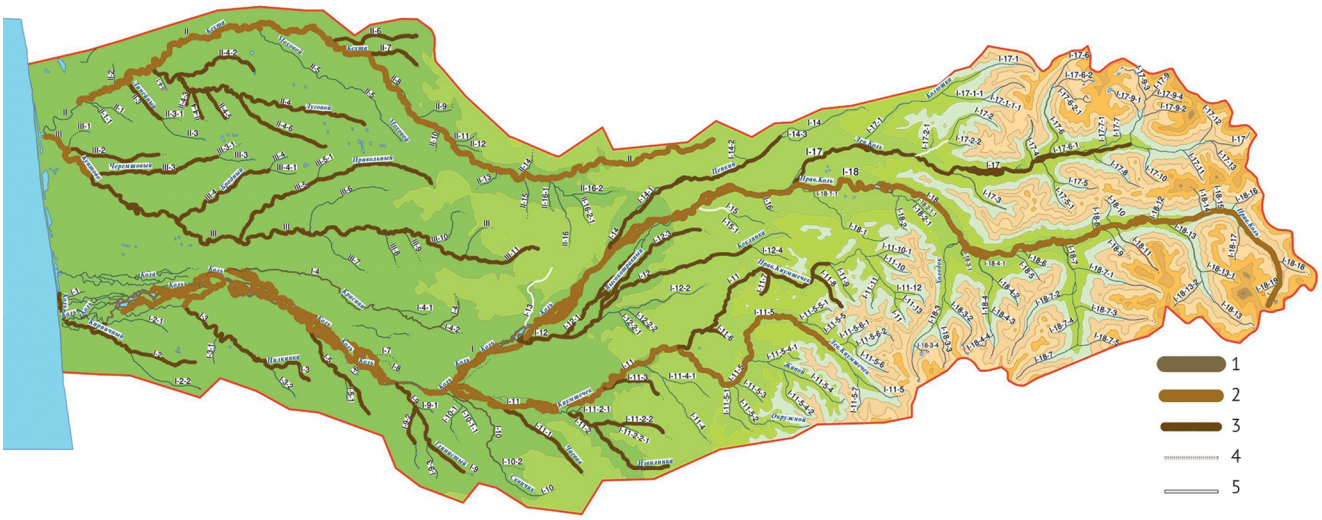

Рис. 6. Расположение нерестилищ кижуча в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения. Плотность расположения нерестилищ кижуча в водных объектах (га/погонный км): 1 – > 1; 2 – от 0,1 до 1; 3 – от 0,01 до 0,1; 4 – от 0,001 до 0,01

Fig. 6. The location of coho salmon spawning grounds within the basins of the Kol and Kekhta (Kuntovo) rivers. Symbols: the density of coho salmon spawning grounds in water bodies (ha/km): 1 – > 1; 2-0.1-1; 3-0.01-0.1; 4-0.001-0.01

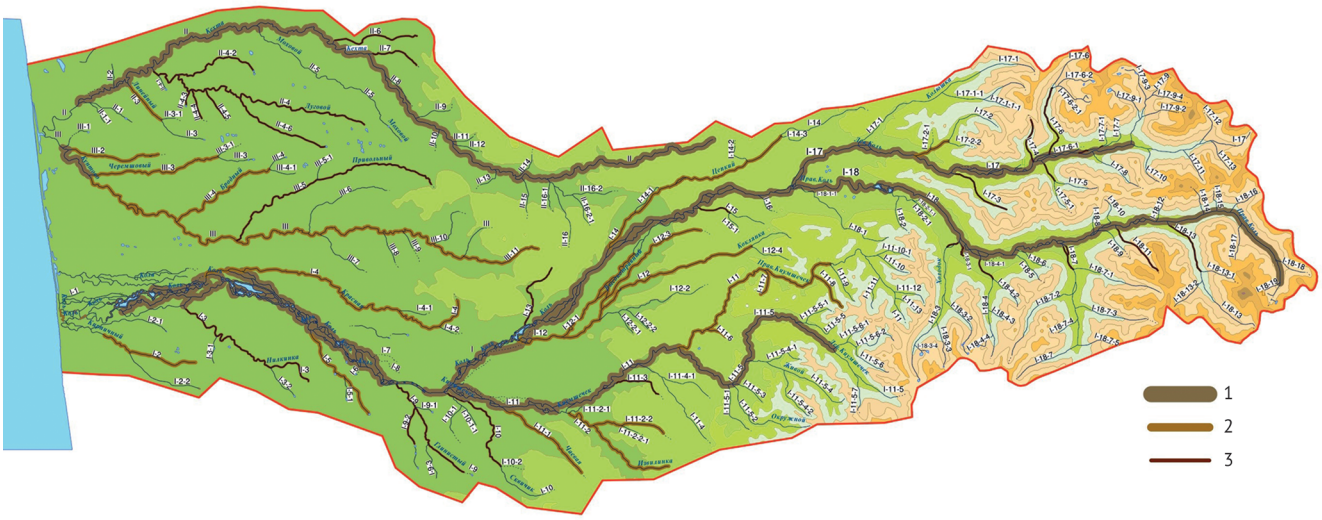

Рис. 7. Расположение нерестилищ тихоокеанских лососей в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения. Плотность расположения нерестилищ в водных объектах (га/погонный км): 1 – >1; 2 – от 0,1 до 1; 3 – от 0,01 до 0,1

Fig. 7. The location of Pacific salmon spawning grounds within the basins of the Kol and Kekhta (Kuntovo) rivers. Symbols: the density of spawning grounds in water bodies (ha/km): 1 – > 1; 2-0.1-1; 3-0.01-0.1

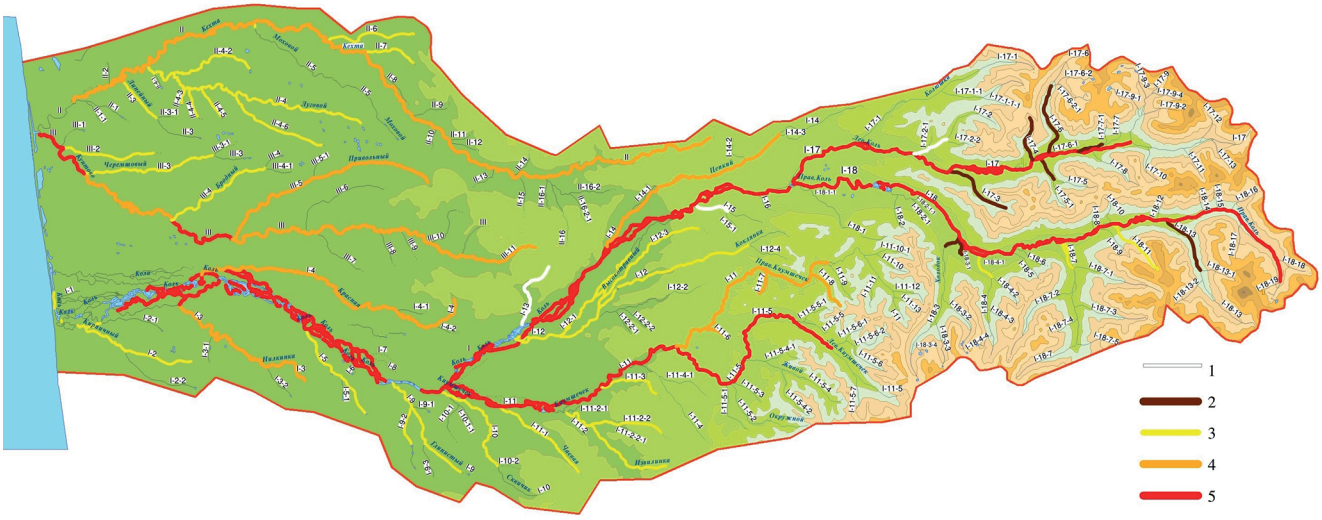

Рис. 8. Видовое разнообразие тихоокеанских лососей в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения: 1, 2, 3, 4, 5 – количество видов лососей в водотоках

Fig. 8. Species diversity of salmonids in the basins of the Kol and Kekhta (Kuntovo) rivers. Symbols used: 1, 2, 3, 4, 5 – number of salmon species in watercourses

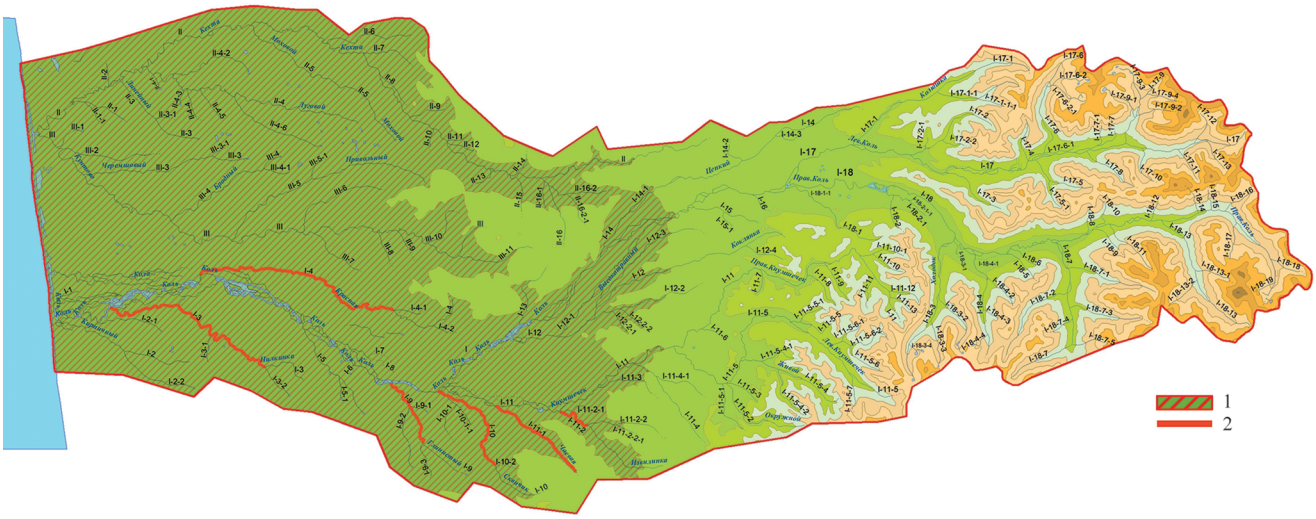

Рис. 9. Распространение проходной микижи в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения: 1 – районы обитания проходной микижи, 2 – учтённые нерестилища проходной микижи (по данным кафедры ихтиологии МГУ им. М.В. Ломоносова)

Fig. 9. Distribution of the anadrome mikizha within the basins of the Kol and Kekhta (Kuntovo) rivers. Symbols: 1 – potential habitats, 2 – recorded spawning grounds of the mikizha (according to the Ichthyology Department of Lomonosov Moscow State University)

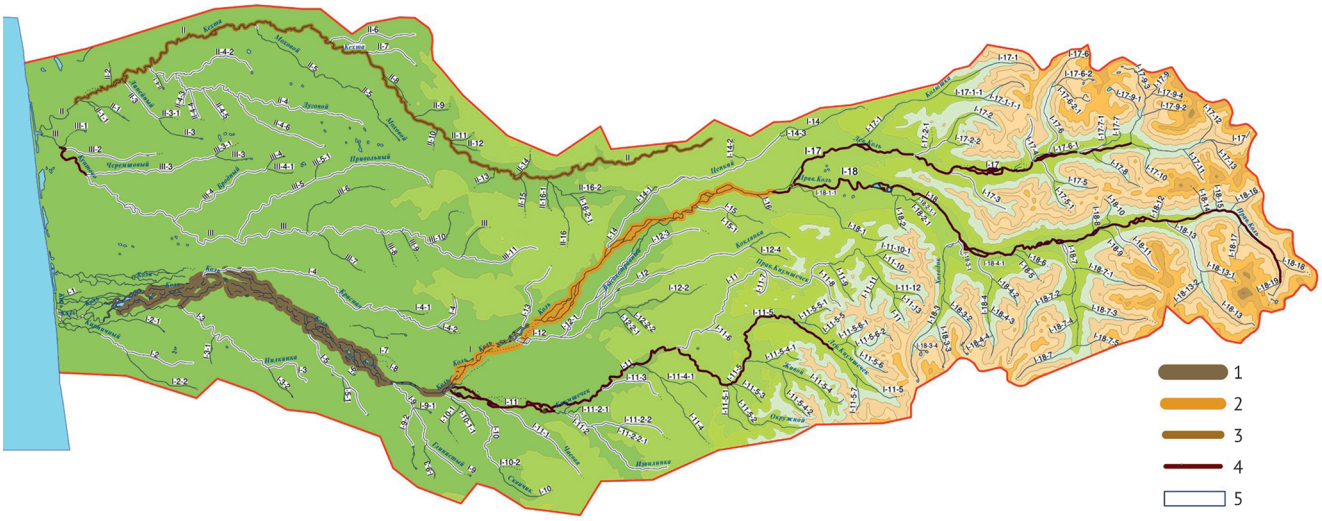

Рис. 10. Нерестовое значение водотоков для воспроизводства горбуши в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения. Относительное распределение нерестилищ горбуши в реках и на отдельных участках (в %): 1 — 52,3; 2 — 26,2; 3 — 11,4; 4 — 7,7; 5 — 2,4

Fig. 10. The spawning value of watercourses for the reproduction of pink salmon within the basins of the rivers Kol and Kekhta (Kuntovo). Symbol: relative distribution of pink salmon spawning grounds in rivers and certain sites (in %): 1 — 52,3; 2 — 26,2; 3 — 11,4; 4 — 7,7; 5 — 2,4

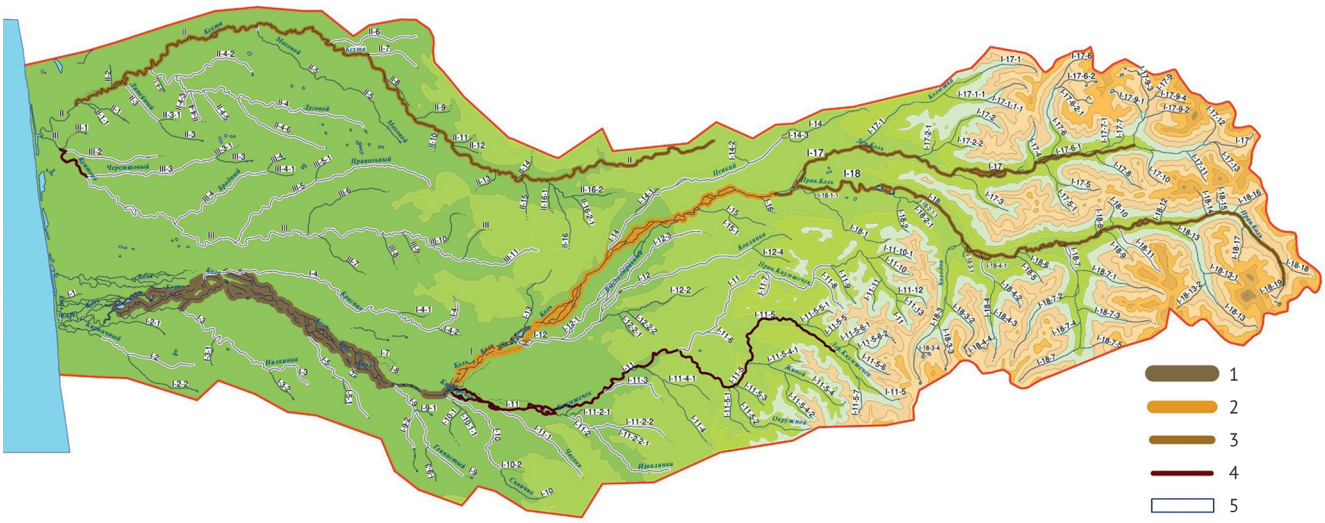

Рис. 11. Нерестовое значение водотоков для воспроизводства кеты в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения. Относительное распределение нерестилищ кеты в реках и на отдельных участках (в %): 1 — 50,6; 2 — 27,3; 3 — 13,3; 4 — 6,0; 5 — 2,8

Fig. 11. The spawning value of watercourses for the reproduction of keta salmon within the basins of the rivers Kol and Kekhta (Kuntovo). Symbol: relative distribution of keta salmon spawning grounds in rivers and certain sites (in %): 1 — 50.6; 2 — 27.3; 3 — 13.3; 4 — 6.0; 5 — 2.8

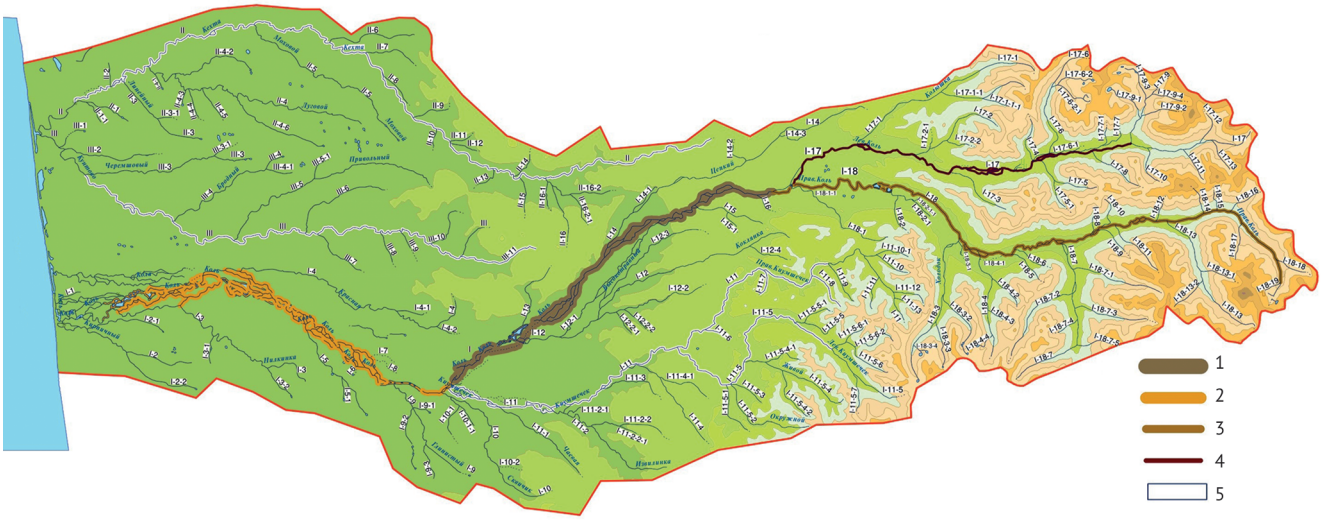

Рис. 12. Нерестовое значение водотоков для воспроизводства чавычи в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения. Относительное распределение нерестилищ горбуши в реках и на отдельных участках (в %): 1-38,9; 2 — 25,0; 3 — 20,2; 4 — 13,8; 5 — 2,0

Fig. 12. The spawning value of watercourses for the reproduction of chinook salmon within the basins of the rivers Kol and Kekhta (Kuntovo). Symbol: relative distribution of chinook salmon spawning grounds in rivers and certain sites (in %): 1 — 38.9; 2 — 25.0; 3 — 20.2; 4 — 13.8; 5 — 2.0

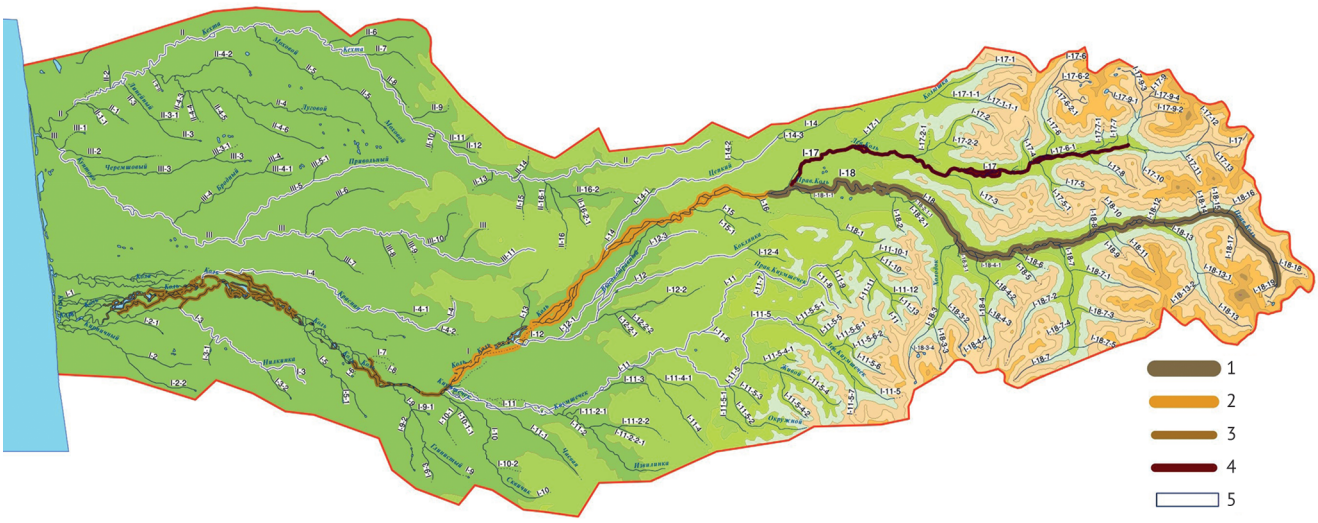

Рис. 13. Нерестовое значение водотоков для воспроизводства нерки в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения. Относительное распределение нерестилищ нерки в реках и на отдельных участках (в %): 1 – 31,6; 2 – 24,1; 3 – 21,6; 4 – 20,4; 5 – 2,3

Fig. 13. The spawning value of watercourses for the reproduction of sockeye salmon within the basins of the rivers Kol and Kekhta (Kuntovo). Symbol: relative distribution of sockeye salmon spawning grounds in rivers and certain sites (in %): 1 – 31.6; 2 – 24.1; 3 – 21.6; 4 – 20.4; 5 – 2.3

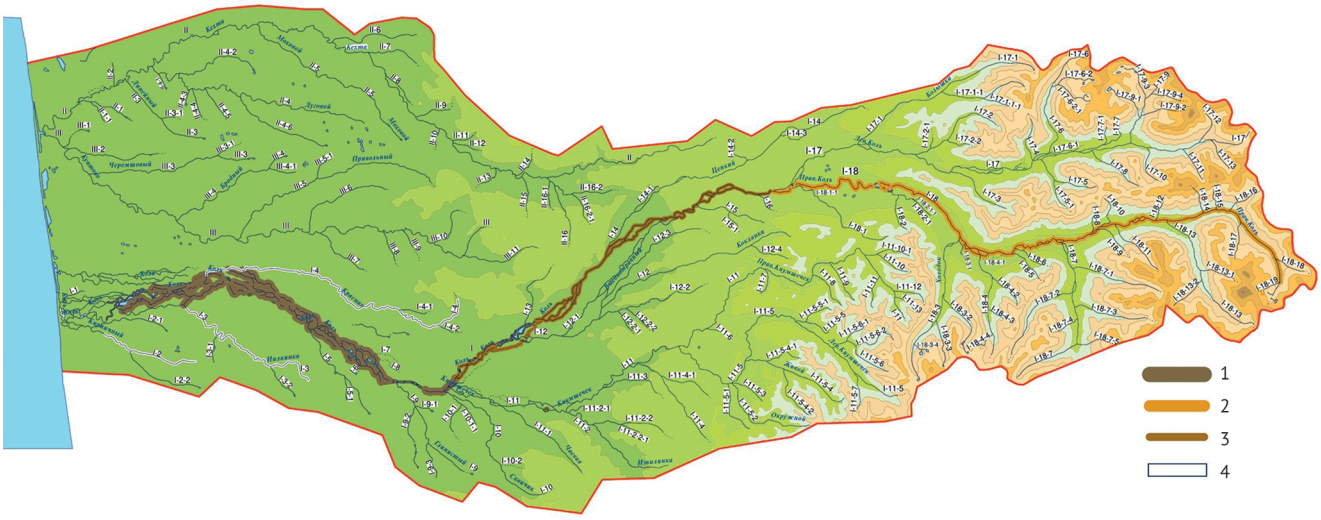

Рис. 14. Нерестовое значение водотоков для воспроизводства кижуча в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово). Условные обозначения. Относительное распределение нерестилищ горбуши в реках и на отдельных участках (в %): 1 – 45,1; 2 – 30,0; 3 – 21,1; 4 – 3,8

Fig. 14. The spawning value of watercourses for the reproduction of coho salmon within the basins of the rivers Kol and Kekhta (Kuntovo). Symbol: relative distribution of coho salmon spawning grounds in rivers and certain sites (in %): 1 – 45.1; 2 – 30.0; 3 – 21.1; 4 – 3.8

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Большая протяжённость нерестового ареала тихоокеанских лососей, обилие речных бассейнов, куда на нерест заходят лососи, традиционная табличная форма представления результатов учётов численности значительно затрудняют перевод архивных материалов в визуализированную форму в виде набора тематических электронных карт. Нередко учётная информация существует в форме, мало пригодной или совершенно не пригодной для пространственной привязки к речному бассейну. Поэтому для оптимизации создания электронных карт с экологической компонентой в настоящей статье были разработаны

и опробованы алгоритмы, подходы и методики подготовки, обработки данных и выполнения отдельных этапов картографических работ.

Комплекты карт, объединённые в тематические разделы и подразделы, дают пространственное представление о количественных характеристиках и распределении нерестилищ тихоокеанских лососей в речных бассейнах и могут стать дополнительным удобным компонентом информационного обеспечения регулирования лососевого промысла.

Анализ архивного материала показал, что в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово) примерно 80% общей нерестовой площади тихоокеанских лососей занимает горбуша, 14% приходятся на кету, 5% – на кижуча и по 1% – на чавычу и нерку. В настоящее время нерестовый фонд лососей в бассейнах рек Коль и Кехта (Кунтово) сохраняется в хорошем состоянии, риски его деградации по техногенным причинам отсутствуют. Общая рыбопромысловая продуктивность обеспечивается наиболее массовым видом – горбушей. Большая часть нерестилищ (до 99% общего нерестового фонда) располагается в руслах и протоках, 1% приходится на ключевые нерестилища (реокрены и лимнокрены) [Остроумов, 1989]. Рыбохозяйственное значение небольших мелководных горных и тундровых ручьёв определяется обитанием в них некоторых из представителей лососевых рыб – мальмы, симы, микижи и кунджи.

Имеющиеся архивные данные, использованные для картографирования, получены за много лет и дают представление о потенциальной нерестовой площади лососей разных видов, никогда в один сезон ими не занимаемой. Общая нерестовая площадь оконтуривается по годам, соответствующим периодам максимальной и устойчивой в многолетнем отношении численности лососей. В отдельные периоды в зависимости от изменения численности рыб, водности рек и дружности нерестового хода распределение нерестилищ в речных системах и их общие площади могут существенно различаться. В частности, в годы высокой численности нерестовый фонд такого вида, как горбуша, используется почти полностью, а при низкой численности – лишь на доли процента. Следует учитывать также, что площади нерестилищ отдельных видов лососей могут накладываться друг на друга, их расположение внутри бассейна по годам может существенно меняться, а часть нерестовых площадей использоваться разными видами совместно [Гриценко, 1973; Леман, 2003]. Поэтому реальная величина нерестового фонда, используемого в отдельные годы, может меняться, а по мере накопления данных постепенно увеличиваться, особенно в периоды максимальных подходов.

Введённый в статье новый показатель – плотность распределения нерестилищ тихоокеанских лососей на практике в лососевых исследованиях не применяется. Тем не менее, его аналоги широко используются в наземных учётных работах – при проведении зимних учётов охотничьих млекопитающих в виде подсчёта следов на единицу учётного маршрута, при геоботанических исследованиях на линейных трансектах, особенно при сильной мозаичности распределения растительного покрова и др. [Методические ..., 2009[5]].

На завершающем этапе геоинформационного картирования предложена схема пространственного дифференцирования (районирования) бассейнов рек Коль и Кехта (Кунтово), основанная на разделении речной сети по двум показателям – плотности распределения нерестилищ и числу размножающих на данном участке видов лососей (см. табл. 3, рис. 15). В результате в легенде карты, составленной в масштабе 1:200 000, выделяются десять типов нерестово-нагульных угодий лососей, различающихся по комбинациям признаков и объединенных на карте в 4 группы (A, B, C и D) по степени значимости в общем воспроизводстве лососей. При этом каждая группа описывается четырьмя характеристиками: количество водотоков и их участков, входящих в одну группу; общая площадь нерестилищ; число видов лососей, заходящих на нерест, и относительная численность рыб (в % от общих подходов), размножающихся на данном участке. Границы между группами районами, хотя и определены с большей или меньшей условностью, но, однако, достаточно наглядно отображают существующие различия между ними по рыбохозяйственной ценности. Наибольшей рыбохозяйственной продуктивностью обладают водотоки и их участки из группы A, несколько уступают им водотоки из группы B, наиболее низкая продуктивность отмечена для группы C. При этом, общая биологическая продуктивность обеспечивается наиболее массовым видом – горбушей.

Разработанный и апробированный на практике алгоритм адаптации исходных данных для их включения в геоинформационную систему даёт возможность использовать значительные объёмы ведомственных данных для картографирования распреде-

[5] Методические рекомендации по организации, проведению и обработке данных зимнего маршрутного учёта охотничьих животных в России (с алгоритмами расчёта численности). 2009. Сост. В.С. Мирутенко, Н.В. Ломанова, А.Е. Берсенев, Н.А. Моргунов, О.А. Володина, В.А. Кузякин, Н.Г. Челинцев. 43 с. https://docs.cntd.ru/document/902217266?ysclid=m6uodnergd856646164-07.02.2025.

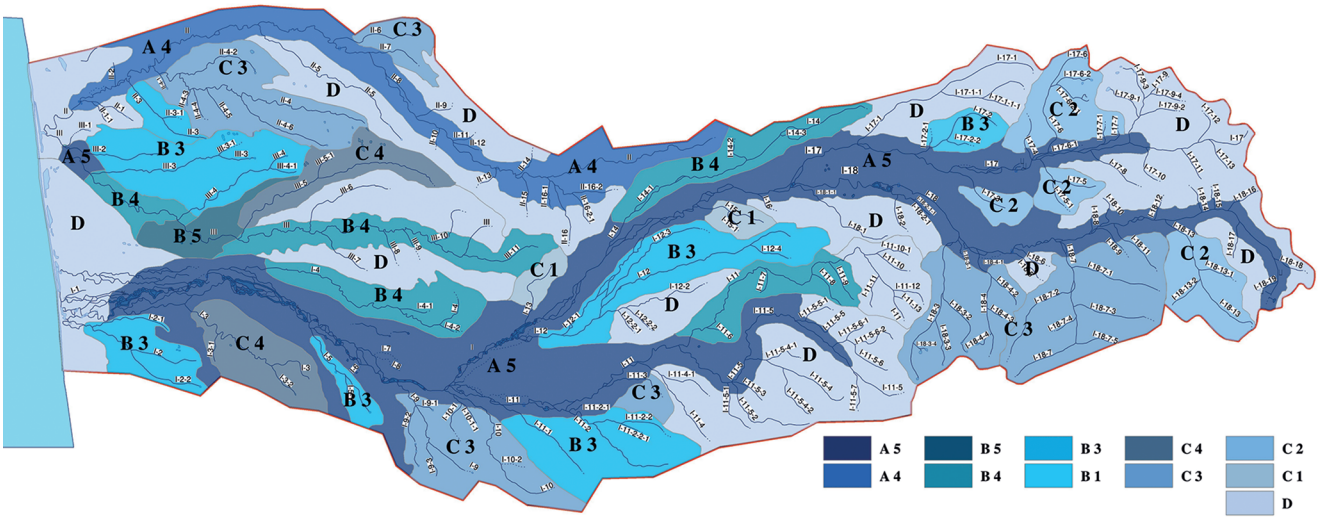

Рис. 15. Рыбохозяйственное районирование бассейнов рек Коль и Кехта (Кунтово) по значению в воспроизводстве тихоокеанских лососей. Условные обозначения. Плотность распределения нерестилищ (га/погонный км): А – > 1.0; В – от 0,1 до 1,0; С – от 0,001 до 0,1; D – значение водотоков определяется вырастными угодьями, сведения о наличии нерестилищ отсутствуют; 1, 2, 3, 4, 5 – количество видов тихоокеанских лососей, воспроизводящихся в данном районе

Fig. 15. Fisheries zoning of the basins of the Kol and Kekhta (Kuntovo) rivers based on the value in the reproduction of Pacific salmon. Symbols: the density of spawning grounds distribution (ha/km): A – > 1.0; B –0.1-1.0; C – 0.001-0.1; D – the value of watercourses is determined by feeding areas, no data on the presence of spawning grounds; 1, 2, 3, 4, 5 – the number of species spawning in the area

Таблица 3. Районирование бассейнов рек Коль и Кехта (Кунтово) по значению в общем воспроизводстве тихоокеанских лососей

Table 3. Zoning of the Kol and Kekhta (Kuntovo) river basins by value in the total reproduction of Pacific salmon

Индекс участка	Количество водото-ков и их участков	Площадь нерестилищ,га/пог. км	Число видов, экз.	Относительная численность рыб в разные годы, %
Группа А: плотность распределения нерестилищ (> 1 га/пог. км)				
А 5	6	1,5007-8, 4555	5	горбуша – 71,7-87,1 кета – 11,2-18,9 кижуч – 0,008-8,4 чавыча – 0,006-3,3 нерка – 0,1-2,0
А 4	1	1,695-1,819	4	горбуша – 87,6 кета – 13,9 чавыча – 9,2 кижуч – 6,3
Группа В: плотность нерестилищ 0,1-1 (га/пог. км)				
В 5	1	0,115-0,1379	5	горбуша – 67,6 кижуч – 15, 3 кета – 11,7 чавыча – 4,3 нерка – 1,1
В 4	13	0,1342-0,2162	4	горбуша – 66,0-81,2 кета – 6,9-20,4 кижуч – 9,4-13,8 нерка – 1,2-2,4
В 3	21	0,1176-0,3345	3	горбуша – 67,0-77,5 кета – 10,0-18,4 кижуч – 9,3-17,0
В 1	3	0,7701-0,8731	1	горбуша – 100

Окончание табл. 3

Индекс участка	Количество водотоков и их участков	Площадь нерестилищ,га/пог. км	Число видов, экз.	Относительная численность рыб в разные годы, %
Группа С: плотность нерестилищ (0,001-0,01 и 0,01-0,1 га/пог. км)				
С 4	5	0,0885-0,0915	4	горбуша – 69,5-74,0 кета – 12,0-29,2 кижуч – 5,5-15,2 нерка – 3,21-4,79
С 3	33	0,0229-0,0877	3	горбуша – 65,84-85,34 кета – 2,83-18,16 кижуч – 8,43-15,98
С 2	13	0,0035-0,0329	2	горбуша – 74,28-93,32 кижуч – 6,68-25,71
С 1	3	0,0061-0,0067	1	горбуша – 100

ления нерестилищ тихоокеанских лососей и степени их заполнения. Представленные в данной статье подходы к цифровизации архивных данных и созданию карт могут служить методической основой для визуального анализа результатов текущих учётных работ и проведения межгодовых сравнений заполнения нерестилищ и пространственного распределения производителей в речных бассейнах. Определённые по картам типичные нерестовые участки можно использовать в качестве природного эталона для организации мониторинга и экстраполировать выявленные на них закономерности на остальной нерестовый фонд, что позволит оценивать эффективность естественного воспроизводства тихоокеанских лососей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках настоящей работы разработаны методические подходы к ГИС-картированию нерестового фонда и распределения производителей тихоокеанских лососей на основе архивных материалов, сформированных по результатам многолетних аэровизуальных учётов их численности в речных системах. Описаны алгоритмы стандартизации учётных материалов, представленных в рыбохозяйственных архивах, преобразование их в единую электронную форму с пространственной привязкой к конкретным участкам водных объектов с целью последующей картографической визуализации.

На примере двух модельных рек (Коль и Кехта/Кунтово), расположенных на Западной Камчатке, проведено показательное геоинформационное картирование пространственного распределения нерестилищ для пяти видов тихоокеанских лососей. Картографическая база данных состоит из набора электронных карт на единой цифровой основе масштаба 1:200 000, сгруппированных в 4 тематических раздела: каталог водотоков, пространственное распределение нерестилищ, видовое разнообразие тихоокеанских лососей, нерестовое значение водотоков в воспроизводстве отдельных видов тихоокеанских лососей. Предложен индекс плотности распределения нерестилищ в реках, рассчитываемый как отношение площади нерестилищ к протяжённости водотока или его участка. Проведено рыбохозяйственное районирование района работ по значению отдельных частей бассейна в воспроизводстве лососей.

Разработанный и апробированный на практике алгоритм адаптации исходных данных для их интеграции в среде ГИС даёт возможность использовать значительные объёмы ведомственных данных для геоинформационного картографирования нерестового фонда, численности и распределения тихоокеанских лососей на российском Дальнем Востоке.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»

ЛИТЕРАТУРА

Глубоковский М.К., Марченко С.Л., Темных О.С., Шевляков Е.А. 2017. Методические рекомендации по исследованиям тихоокеанских лососей. М.: Изд-во ВНИРО. 80 с.

Гриценко О.Ф. 1973. Биология симы и кижуча Северного Сахалина. М.: ВНИРО. 40 с.

Евзеров А.В. 1979. К методике аэровизуального учёта лососей // Известия ТИНРО. Т. 71. С. 199-204.

Евзеров А.В. 1983. Нерестовый фонд охотоморской и анадырской кеты // Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоёмах СССР. М.: Наука. С. 103-113.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2017. Использование фото- и видеофиксации для учёта численности производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях их миграции: некоторые методические подходы // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев-зап. части Тихого океана. Т. 47. С. 77-90. DOI: 10.15853/2072-8212.2017.47.77-90/

Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Фельдман М.Г. 2020. Оценка численности производителей нерки и их распределение по нерестовым стациям в бассейне Начикинского озера (Камчатка) в 2019 г. // Известия ТИНРО. Т. 200. Вып. 3. С618-634. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-618-634.

Красная книга Российской Федерации. Т. «Животные» (2-е издание). 2021. М.: ФГБУ «ВНИИ Экология». 1128 с.

Крогиус Ф.В. 1955. Опыт применения самолёта для обследования состояния и оценки заполнения нерестилищ камчатских лососей // Рыбное хозяйство. № 11. С. 32-34.

Кузищин К.В. 2010. Формирование и адаптивное значение внутривидового экологического разнообразия лососевых рыб семейства Salmonidae. Автореф. дис. … док. биол. наук. М.: МГУ. 49 с.

Леман В.Н. 2003. Экологическая и видовая специфика нерестилищ тихоокеанских лососей р. *Oncorhynchus* на Камчатке // Чтения пам. В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 2. С. 12-34.

Леман В.Н., Лошкарева А.А. 2005. Рыбохозяйственное районирование и зонирование территории биологического (лососевого) заказника «Река Коль» // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Мат. VI науч. конф. (Петропавловск-Камчатский, 29-30 дек. 2005 г.). Камчатпресс. С. 117-120.

Лошкарева А.А. 2008. Геоинформационная система: теория, общая информация, руководство пользователя электронным атласом и базой данных «Сохранение биоразнообразия лососевых рыб Камчатки и их устойчивое использование». М.: ВНИРО. 100 с.

Никифоров А.И., Гордеев И.И., Ридигер А.В. 2023. Мониторинговые исследования подходов производителей горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* с помощью БПЛА в нерестовых реках острова Сахалин в 2022 году // Бюл. № 17 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. С. 115-121. DOI: 10.26428/losos_bull17-2023-115-121.

Остроумов А.Г. 1962. Опыт применения аэрометодов учёта тихоокеанских лососей в реках Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Книжн. редакция «Камчатской правды». 42 с.

Остроумов А.Г. 1964. Опыт применения аэрометодов для оценки заполнения нерестилищ лососями // Лососевое хозяйство Дальнего Востока. М.: Наука. С. 90-99.

Остроумов А.Г. 1975. Нерестовый фонд и состояние запасов дальневосточных лососей в водоёмах п-ова Камчатка и Корякского нагорья в 1957-1971 гг. (по материалам авиаучётов и аэрофотосъёмок) // Труды ВНИРО. Т. 106. С. 21-33.

Павлов Д.С., Савваитова К.А., Кузищин К.В., Груздева М.А., Стэнфорд Д.А. 2009. Состояние и мониторинг биоразнообразия лососевых рыб и среды их обитания на Камчатке (на примере территории заказника «Река Коль»). МГУ им. М.В. Ломоносова, ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова. М.: Товарищество науч. изд. КМК. 156 с.

Пастырев В.А. 2007. Материалы по применению аэровизуальных методов в рыбохозяйственных исследованиях в северо-западной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 148. С. 42-56.

Ресурсы поверхностных вод СССР. 1966. Гидрологическая изученность. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеоиздат. 264 с.

Свиридов В.В., Золотухин С.Ф. 2020. Методы ГИС для инвентаризации нерестилищ тихоокеанских лососей р. Амур // Известия ТИНРО. Т. 200. № 3. 730-746 с.

Свиридов В.В., Коцюк Д.В., Подорожнюк Е.В. 2022 а. Беспилотный фотограмметрический учет тихоокеанских лососей посредством БПЛА потребительского класса // Известия ТИНРО. Т. 202. Вып. 2. С. 429-449. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-429-449.

Свиридов В.В., Подорожнюк Е.В., Никитин В.Д., Скорик А.В. 2022 б. Модификация беспилотного учёта производителей тихоокеанских лососей в реках Сахалинской области и Хабаровского края // Известия ТИНРО. Т. 202. Вып. 4. С. 1015-1031. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-1015-1031.

Скорик А.В. 2023. Методы учёта водных биологических ресурсов посредством БПЛА в Сахалинской области // Современные аспекты рыбохозяйственной науки и геномные технологии в аквакультуре и рыболовстве. Мат. IV Науч. школы молодых учёных и специалистов / М.В. Сытова, Н.С. Мюге, И.И. Гордеев ред. М.: Изд-во ВНИРО. с. 72.

Фадеев Е.С., Шевляков Е.А., Фельдман М.Г. 2019. Комплексный мониторинг пропуска производителей тихоокеанских лососей р. Камчатка в режиме реального времени // Известия ТИНРО. Т. 197. С. 3-20. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-197-3-20.

Шевляков Е.А., Фельдман М.Г., Островский В.И., Волобуев В.В., Каев А.М., Голубь Е.В., Барабанщиков Е.И., Голованов И.С. 2019. Ориентиры и оперативная оценка пропуска производителей на нерестилища как инструменты перспективного и краткосрочного управления запасами тихоокеанских лососей в реках Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна // Известия ТИНРО. Т. 196. С. 23-62. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-196-23-62.

Шевляков Е.А., Шубкин С.В. 2020. Современный опыт обследования нерестилищ тихоокеанских лососей в водоёмах Чукотки // Известия ТИНРО. Т. 200. Вып. 2. С. 270-291. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-270-291.

Шевляков Е.А., Шубкин С.В., Дубынин В.А., Малых К.М., Голубь Е.В., Голубь А.П., Каев А.М., Коваль М.В. 2013. Методики учёта производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях миграции к ним // Бюл. № 8 изу-

чения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-центр. С. 36-57.

Harrison L.R., Legleiter C.J., Overstreet B.T., Bell T.W., Hannon J. 2020. Assessing the potential for spectrally based remote sensing of salmon spawning locations // River Research and Applications 36(8):1618-1632. DOI 10.1002/rra.3690.

Whitehead K., Hugenholtz C.H., Myshak S., Brown O., LeClair A., Tamminga A., Barchyn T., Moorman B., Eaton B. 2014. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: scientific and commercial applications // Journal of Unmanned Vehicle Systems. V. 02. P. 86-102. DOI: 10.1139/juvs-2014-0007.

Wirth L., Rosenberger A., Prakash A., Gens R., Margraf F.J., Hamazaki T. 2012. A remote-sensing, GIS-based approach to identify, characterize, and model spawning habitat for fall-run Chum salmon in a sub-arctic, glacially fed river. Transactions of the American Fisheries Society 141 (5): 349-1363. DOI 10.1080/00028487.2012.692348.

REFERENCES

Glubokovsky M.K., Marchenko S.L., Temnykh O.S., Shevlyakov E.A. 2017. Guidelines for the study of Pacific salmon. Moscow: VNIRO Publish. 80 p. (In Russ.).

Gritsenko O.F. 1973. Biology of the Sima and coho salmon of Northern Sakhalin. Moscow: VNIRO Publish. 40 p. (In Russ.).

Evzerov A.V. 1979. On the methodology of aerovisual recording of salmon // Izvestiya TINRO. V. 71. P. 199-204. (In Russ.).

Evzerov A.V. 1983. Spawning fund of the Okhotsk and Anadyr chum salmon // Biological foundations of the development of salmon farming in the reservoirs of the USSR. Moscow: Nauka. P. 103-113. (In Russ.).

Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. 2017. Using the photo- and video records for assessment of pacific salmon escapement on migration routes and spawning grounds: some of methodical approaches // Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana, V. 47. P. 77-90. (In Russ.).

Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V., Feldman M.G. 2020. Estimation of the number of sockeye salmon adults and their distribution by spawning stations in the basin of Lake Nachikinskoye (Kamchatka) in 2019 // Izvestiya TINRO. V. 200. No. 3. P. 618-634. DOI 10.26428/1606-9919-2020-200-618-634. (In Russ.).

The Red Book of the Russian Federation. V. «Animals» (2nd edition). 2021. Moscow: FSBI «VNII Ekologiya». 1128 p.

Krogius F.V. 1955. Application experience for investigating the state and assessing the filling of spawning grounds of Kamchatka salmon // Rybnoe Khozyajstvo. No. 11. P. 32-34. (In Russ.).

Kuzishchin K.V. 2010. Formation and adaptive significance of intraspecific ecological diversity of Salmonid family Salmonidae. Abstr. diss ...the doct. of science in Biology. Moscow: MSU. 49 p. (In Russ.).

Leman V.N. 2003. Ecological and species peculiarities of spawning sites of pacific salmons (*Oncorhynshus*) in Kamchatka area // Readings in memory of V.Y. Levanidov. Vladivostok: Dalnauka. V. 2. P. 12-34. (In Russ.).

Leman V.N., Loshkareva A.A. 2005. Fisheries and functional zonation of the territory of the biological (salmon) reserve «Kol River» // Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas. Proc. of the VI Scient. Conf. (Petropavlovsk-Kamchatka, 29-30 Dec. 2005). Kamchatpress. P. 117-120. (In Russ.).

Loshkareva A.A. 2008. Geoinformation system: theory, general information, user's manual to the electronic atlas and database «Conservation of Kamchatka salmon biodiversity and their sustainable use». Moscow: VNIRO Publish. 100 p. (In Russ.).

Nikiforov A.I., Gordeev I.I., Ridiger A.V. 2023. Monitoring survey on run of spawners of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* by means of UAV in the spawning rivers of Sakhalin Island in 2022 // Bull. N 17 for the Study of Pacific Salmon in the Far East. Vladivostok: TINRO Publish. P. 115-121. DOI: 10.26428/losos_bull17-2023-115-121. EDN: TEKRFK. (In Russ.).

Ostroumov A.G. 1962. The case of using aeromethods of Pacific salmon recording in the rivers of Kamchatka), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka Pravda. 45 p. (In Russ.).

Ostroumov A.G. 1964. The case of using aerial methods to assess the density of salmon on spawning grounds // Salmon farming in the Far East. Moscow: Nauka. P. 90-99. (In Russ.).

Ostroumov A.G. 1975. Area of spawning grounds and stock status of Far Eastern salmon in water courses of the Kamchatka Peninsula and Koryak Upland in 1957-1971 (based on aerial surveys and aerial photographs) // Trudy VNIRO. V. 106. P. 21-23. (In Russ.).

Pavlov D.S., Savvaitova K.A., Kuzishchin K.V., Gruzdeva M.A., Stanford D.A. 2009. The state and monitoring of salmonids' biodiversity and habitats in Kamchatka (the case of the territory of the Kol River Reserve). Lomonosov MSU, Severtsov IPEE RAS. Moscow: Association of Scientific Publishers. KMK, 2009. 156 p. (In Russ.)

Pastyrev V.A. 2007. Data on the application of aerovisual methods in fisheries research in the northwestern part of the Sea of Okhotsk // Izvestiya TINRO. V. 148. P. 42-56. (In Russ.).

Surface water resources of the USSR. 1966. Hydrological knowledge. V. 20. Kamchatka. Leningrad: Gidrometeoizdat. 264 p. (In Russ.).

Sviridov V.V., Kotsyuk D.V., Podorozhnyuk E.V. 2022. Photogrammetric counts of pacific salmon by means of unmanned aerial vehicles of consumer grade // Izvestiya TINRO. V. 202. No. 2. P. 429-449. DOI 10.26428/1606-9919-2022-202-429-449. (In Russ.).

Sviridov V.V., Podorozhnyuk E.V., Nikitin V.D., Skorik A.V. 2022. Modifications of unmanned aerial survey on spawners of pacific salmons in the rivers of Sakhalin and Khabarovsk Regions // Izvestiya TINRO. V. 202. No. 4. P. 1015-1031. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-1015-1031. (In Russ.).

Sviridov V.V., Zolotukhin S.F. 2020. GIS methods for inventory of pacific salmons spawning grounds in the Amur River // Izvestiya TINRO. V. 200. No. 3., p. 730-746. DOI 10.26428/1606-9919-2020-200-730-746. (In Russ.).

Skorik A.V. 2023. Methods of recording of aquatic biological resources using UAVs in the Sakhalin region // Modern aspects of fisheries science and genomic technologies in aquaculture and fisheries. Mat. of the IV Scient. School of Young Scientists and Specialists / M.V. Sitova, N.S. Muge, I.I. Gordeev eds. Moscow: VNIRO Publish. P. 72. (In Russ.).

Fadeev E.S., Shevlyakov E.A., Feldman M.G. 2019. Complex monitoring of salmon spawners escapement to the Kamchatka River in real time regime // Izvestiya TINRO. V. 197. No. 2. P. 3-20. DOI 10.26428/1606-9919-2019-197-3-20. (In Russ.).

Shevlyakov E.A., Feldman M.G., Ostrovsky V.I., Volobuev V.V., Kaev A.M., Golub E.V., Barabanshchikov E.I., Golovanov I.S. 2019. Limits and operational evaluation of the spawners escapement to the spawning grounds as tools for prospective and short-term management of the pacific salmon stocks in the rivers of the Far-Eastern fisheries Basin // Izvestiya TINRO. V. 196. P. 23-62. DOI 10.26428/1606-9919-2019-196-23-62. (In Russ.).

Shevlyakov E.A., Shubkin S.V. 2020. Recent experience of surveying the spawning grounds of pacific salmons in the water bodies of Chukotka // Izvestiya TINRO. V. 200. No. 2. P. 270-291. DOI 10.26428/1606-9919-2020-200-270-291. (In Russ.).

Shevlyakov E.A., Shubkin S.V., Dubynin V.A., Malykh K.M., Golub E.V., Golub A.P., Kaev A.M., Koval M.V. 2013. Methods for accounting for spawners of Pacific salmon in spawning grounds and migration routes to them // Bull. No. 8 for the Study of Pacific Salmon in the Far East. Vladivostok: TINRO-Tsentr Publish. P. 36-57. (In Russ.).

Harrison L.R., Legleiter C.J., Overstreet B.T., Bell T.W., Hannon J. 2020. Assessing the potential for spectrally based remote sensing of salmon spawning locations // River Research and Applications 36(8):1618-1632. DOI 10.1002/rra.3690.

Whitehead K., Hugenholtz C.H., Myshak S., Brown O., LeClair A., Tamminga A., Barchyn T., Moorman B., Eaton B. 2014. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: scientific and commercial applications // Journal of Unmanned Vehicle Systems. V. 02. P. 86-102. DOI: 10.1139/juvs-2014-0007.

Wirth L., Rosenberger A., Prakash A., Gens R., Margraf F.J., Hamazaki T. 2012. A remote-sensing, GIS-based approach to identify, characterize, and model spawning habitat for fall-run Chum salmon in a sub-arctic, glacially fed river. Transactions of the American Fisheries Society 141 (5): 349-1363. DOI 10.1080/00028487.2012.692348.

Поступила в редакцию 23.10.2024 г.
Принята после рецензии 21.02.2025 г.