

Гидроакустическая оценка условий нерестовых миграций рыб на примере реки Прохладной Калининградской области

DOI: 10.37663/0131-6184-2023-6-110-113 EDN vtnqoz

Научная статья
УДК 639.21

Алдушин Андрей Викторович – кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»), @aldushin@klgtu.ru, Калининград, Россия

Новожилов Олег Анатольевич – кандидат биологических наук, директор Института рыболовства и аквакультуры, Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»), @oleg.novozhilov@klgtu.ru, Калининград, Россия

Адрес: Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ») – 236022, Россия г. Калининград, Советский проспект, д. 1

Аннотация.

В работе представлены результаты оценки условий нерестовых миграций рыб участка р. Прохладной путем проведения гидроакустических исследований рельефа ее дна. Данный водоем является водным объектом рыбохозяйственного значения высшей категории и обеспечивает воспроизводство анадромных видов рыб, обитающих в Балтийском море (лосось, кумжа, минога), а также – важных промысловых объектов Калининградского (Вислинского) залива (лещ, судак, плотва, корюшка, густера, налим и др.). Изучение морфометрических характеристик осуществлялось при помощи программно-аппаратного комплекса АсКор, путем получения пространственно-распределенных значений глубин на исследуемом участке и последующего построения модели поверхности дна. В ходе проведенных исследований была отработана методика планирования маршрута гидроакустической съемки на водотоках, получена модель рельефа дна данного водного объекта в виде регулярной матрицы значений глубин, на основании которой был построен продольный профиль р. Прохладной. Результаты работ позволили дать общую характеристику русла на исследуемом участке, а также определить наличие отмели протяженностью до 250 метров в устьевой ее части, которая оказывает отрицательное воздействие на условия нерестовых миграций рыб.

Ключевые слова:

гидроакустический метод, морфометрические характеристики водотоков, батиметрия, цифровая модель рельефа дна, геостатистический метод Кригинг, Калининградская область

Для цитирования:

Алдушин А.В., Новожилов О.А. Гидроакустическая оценка условий нерестовых миграций рыб на примере реки Прохладной Калининградской области // Рыбное хозяйство. 2023. № 6. С. 110-113. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-6-110-113 EDN vtnqoz

HYDROACOUSTIC ASSESSMENT OF CONDITIONS OF SPAWNING MIGRATIONS OF FISH ON THE EXAMPLE OF THE PROKHLADNAYA RIVER IN THE KALININGRAD REGION

Andrey V. Aldushin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Kaliningrad State Technical University (KSTU), @ aldushin@klgtu.ru, Kaliningrad, Russia

Oleg A. Novozhilov – Candidate of Biological Sciences, Director of the Institute of Fisheries and Aquaculture, Kaliningrad State Technical University (KSTU), @ oleg.novozhilov@klgtu.ru, Kaliningrad, Russia

Address: Kaliningrad State Technical University (KSTU) – 236022, Kaliningrad, Russia, Sovetsky Prospekt, 1

Annotation. The paper presents the results of assessing the conditions of spawning migrations of fish in the section of the Prokhladnaya River by conducting hydroacoustic studies of the topography of its bottom. This reservoir is a water body of fishery status of the highest category and ensures the reproduction of anadromous fish species living in the Baltic Sea (salmon, trout, lamprey), as well as important commercial fish species of the Kaliningrad (Vistula) Bay (bream, pike perch, roach, smelt, silver bream, burbot and etc.). The study of morphometric characteristics was carried out using the AsCor software and hardware complex by obtaining spatially distributed depth values in the study area and subsequent construction of a bottom surface model. In the course of the studies carried out, a method for planning a hydroacoustic survey route on water bodies was developed, a model of the relief of the bottom of this water body was obtained in the form of a regular matrix of depth values, on the basis of which a longitudinal profile of the Prokhladnaya River was built. The results of the work made it possible to give a general description of the channel in the study area, as well as to determine the presence of a shoal up to 250 meters long in its mouth part, which has a negative impact on the conditions of spawning migrations of fish.

Keywords:

hydroacoustic method, morphometric characteristics of watercourses, bathymetry, digital bottom relief model, geostatistical method Kriging, Kaliningrad region

For citation:

Aldushin A.V., Novozhilov O.A. Hydroacoustic assessment of conditions of spawning migrations of fish on the example of the Prokhladnaya River in the Kaliningrad Region // Fisheries. 2023. No. 6. Pp. 110-113. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-6-110-113 EDN vtnqoz

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных проблем равнинных рек является заиление их приустьевых участков, что приводит к снижению глубины в данном месте и, как следствие, затруднению нерестовых миграций рыб [1]. Зачастую постепенному заполнению илом подвергаются и сами русла, что также уменьшает воспроизводительную способность анадромных видов рыб в этих водотоках. Указанная проблема требует проведения мониторинга состояния степени заиления как устьев этих рек, так и самих русел. Одним из подходов к решению данного вопроса является изучение морфометрических характеристик таких водотоков. В настоящее время для этих целей применяют гидроакустические комплексы, которые в короткие сроки позволяют получать информацию о морфологических условиях водоема путем фиксации координат и глубины места. Принимая во внимание тот факт, что в настоящее время встречаются попытки оценки биологической эффективности рыбохозяйственной мелиорации путем расчистки заиленных участков [1], оценка текущего состояния русел рек и их приустьевых участков, с точки зрения их заиления, играет важную роль при изучении условий нерестовых миграций рыб и определении мест проведения рыбохозяйственной мелиорации.

Целью настоящей работы являлась отработка методики и оценка условий нерестовых миграций рыб р. Прохладной путем изучения ее морфологических характеристик с помощью гидроакустических средств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью оценки условий нерестовых миграций рыб на р. Прохладной в 2019 и 2020 годах были проведены работы по изучению морфологических характеристик ее дна, заключающиеся в получении данных о глуби-

нах на разных участках реки и последующем построении на их основе цифровой модели рельефа дна. Для решения первой задачи был использован программно-аппаратный гидроакустический комплекс AsCor [2; 3]. В рамках проводимых исследований был обследован участок протяженностью 13,5 км от пос. Косатухино до устьевой части в пос. Ушаково (рис. 1).

Построение цифровой модели рельефа дна, а также карты глубин и профиля дна исследуемой реки на ее основе, осуществлялось на основании интерполяции пространственно-распределенных значений глубин в узлы регулярной решетки. В качестве метода интерполяции был выбран геостатистический метод «Кригинг», определяющий нахождение таких

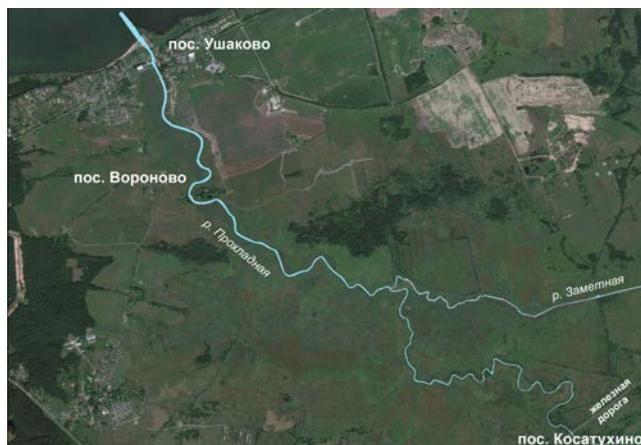


Рисунок 1. Карта участка исследования р. Прохладной

Figure 1. Map of the study area of the Prokhladnaya River

коэффициентов, которые обеспечивают минимум вариации оценки получаемых величин [4]. Последнее достигается за счет применения вариограммы, показывающей пространственную автокорреляцию измеренных опорных точек [5]. С целью визуального представления профиля р. Прохладной дополнительно использовалась среда электронных таблиц MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение условий нерестовых миграций рыб на р. Прохладной осуществлялось при помощи лодки с установленным на нее программно-аппаратным комплексом АсКор. По пути следования судна, с помощью данного комплекса, осуществлялась запись эхограмм, обработка которых позволила получить множество точек с информацией в каждой из них о глубине места и его координатах. В отличие от других типов водных объектов (озера, моря, заливы, пруды), где длина и ширина в целом сопоставимы, для рек (ручьев, каналов и т.п.) характерна обратная ситуация, когда длина значительно превосходит ширину. Это накладывает определенные ограничения при построении цифровой модели рельефа дна средствами геоинформационных систем (использующих в качестве модели структуры данных для представления поверхностей регулярную решетку), и как следствие, влияет на сбор исходных данных по глубинам. При планировании маршрутов гидроакустической съемки также необходимо учитывать возможную погрешность в определении координат местности GPS-приемниками, которая зависит от ряда факторов и в среднем составляет 5-10 м (общая



Рисунок 2. Схематичное представление проблемы занижения реального значения глубины при движении судна галсами по типу меандра на реках и других водотоках

Figure 2. Schematic representation of the problem of underestimation of the real value of the depth when the ship is moving in tacks like a meander on rivers and other watercourses

погрешность измерения находится в диапазоне 3-50 м и более) [6; 7], что на узких участках рек делает нецелесообразным планирование схемы движения судна с получением множества рядом расположенных точек с резко различающимися значениями глубин в них (обычно проявляется при зигзагообразном движении судна от одного берега реки к другому). Учитывая это, при планировании пути следования судна, было решено придерживаться продольной схемы галсов, при этом один из них должен проходить вдоль центра реки, остальные (в зависимости от ширины реки) со смещением от центра к левому/правому берегам. Так, на относительно узких участках р. Прохладной (до 20 м шириной)

основной путь следования судна был проложен вдоль центра р. (по фарватеру), а также, по возможности, по левому и правому берегам. В более широких участках реки дополнительно (помимо центрального галса и галсов вдоль берегов) использовались промежуточные галсы между центральной частью реки и левым/правым берегом. Схема движения судна галсами по типу меандра, широко применяемая при проведении съемок на крупных водных объектах, для рек не подходит, ввиду разномасштабного коэффициента расстояния (по вертикали и горизонтали) при построении цифровой модели рельефа, из-за которого происходит занижение реальных значений глубин между галсами в узлах регулярной решетки, т.к. береговая линия (околонулевые значения глубины) и близлежащие к ней точки оказывают большее влияние на интерполируемую величину, по причине более близкого расположения к узлу регулярной решетки (рис. 2).

С учетом рассмотренной выше проблемы занижения реального значения глубины при движении судна галсами по типу меандра на реках и других водотоках, на р. Прохладной, при изучении рельефа ее дна, использовались следующие виды галсов. В приустьевой части, где ширина реки составляет 38-40 м, при проведении гидроакустической съемки данного участка водоема использовалась схема из пяти продольных галсов: центрального, вдоль левого и правого берегов, а также по одному – между центральным галсом и галсом вдоль правого берега и центральным галсом и галсом вдоль левого берега. По мере удаления от устья и сужения реки (близ пос. Вороново ширина составляет порядка 18 м, в районе впадения р. Заметной – 10-15 м, в месте расположения сохранившихся опор моста, выше пересечения с железной дорогой – не более 10 м) использовалась схема из трех галсов: центрального и вдоль берегов.

По результатам проведенной гидроакустической съемки был построен профиль дна участка р. Прохладной, который показывает наличие бара в ее устьевой части (рис. 3). Протяженность бара составляет порядка 150-250 м, а минимальная глубина залива в районе наносов и глубина устья реки снижается до 0,3 м (рис. 3-4). Устьевой участок реки заканчивается молом, выложенным диким камнем на расстоянии более 250 м и частично разрушенным. Разрушение молов привело к снижению скорости движения воды на данном участке и его заилению. В то же время, остатки мола не позволяют производителям попадать в реку вдоль

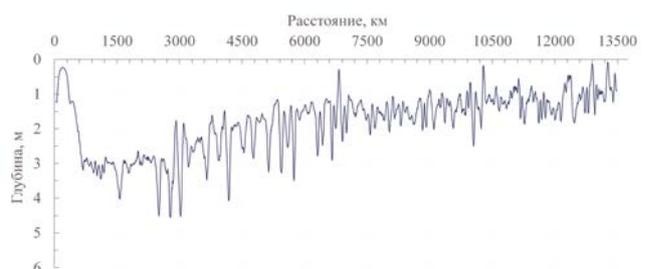


Рисунок 3. Продольный профиль участка р. Прохладной (по данным 2019-2020 гг.)

Figure 3. Longitudinal profile of a section of the Prokhladnaya River (according to 2019-2020)



Рисунок 4. Бар в устье р. Прохладной (глубины получены на основании построенной цифровой модели рельефа дна)

Figure 4. Bar at the mouth of the Prokhladnaya River (depths were obtained based on the built digital model of the bottom topography)

берега залива, и они вынуждены преодолевать бар глубиной до 0,3 м и протяженностью до 150-250 метров.

Сразу за баром русло характеризуется максимальными для исследуемого участка глубинами, достигая 4-5 м, средние глубины при этом составляют 2-3 метра. Вверх по течению, ближе к правому притоку – р. Заметной – глубина русла постепенно уменьшается, средние глубины составляют порядка 1,4-1,9 м, изредка встречаются участки с глубинами чуть менее 1 метра. За правым притоком выше по течению, по направлению к пос. Косатухино, сохраняется тенденция к уменьшению глубины русла р. Прохладной: здесь достаточно часто встречаются участки с отмелями, где глубины не превышают 0,3-0,4 м, а средняя глубина составляет около 0,8-1,2 м (рис. 3).

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что на р. Прохладной в ее устье имеется бар высотой около 2,5-3 м, который снижает глубину в данной части реки до 0,3 метра. На протяжении почти 10 км от устья глубина русла р. Прохладной составляет более 1 м, за исключением двух участков: самого устья и участка реки на расстоянии порядка 7 км от него, где встречаются отмели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный в работе подход к планированию маршрута гидроакустической съемки, при изучении морфологических условий нерестовых миграций рыб, позволяет не только повысить качество получаемой цифровой модели рельефа поверхности дна, но и применять его на других сходных водных объектах Калининградской области, а также других регионов России. Результаты проведенных исследований на р. Прохладной могут свидетельствовать о необходимости улучшения условий естественного воспроизводства анадромных рыб в ней, путем очистки устьевых участков и устранения бара, препятствующего массовому заходу рыбы в реку.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Вклад авторов в работу: **Алдушин А.В.** — идея работы,

сбор и анализ данных, построение модели рельефа дна, подготовка статьи (материалы и методы исследований, результаты исследований и их обсуждение); **Новожилов О.А.** — идея работы, сбор и анализ данных, подготовка текста статьи (введение, заключение, результаты исследований и их обсуждение), окончательная проверка статьи.

The authors declare that there is no conflict of interest.

The authors' contribution to the work: **Aldushin A.V.** — the idea of the work, data collection and analysis, construction of a model of the bottom relief, preparation of the article (research materials and methods, research results and their discussion); **Novozhilov O.A.** — the idea of the work, data collection and analysis, preparation of the text of the article (introduction, conclusion, research results and their discussion), the final verification of the article.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Шибяев С.В., Соколов А.В., Алдушин А.В., Дегтев А.И., Новожилов О.А., Барановский П.Н., Серпунин Г.Г., Саускан В.И. Оценка воспроизводительной способности и возможного эффекта рыбохозяйственной мелиорации на примере р. Промысловой бассейна Куршского залива // Известия КГТУ. 2019. № 55. С. 145-160.
2. Дегтев А.И. Программно-техническая реализация гидроакустического метода количественной оценки плотности водных биомасс: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18. – Петрозаводск. 2004. 168 с.
3. Дегтев А.И., Ивантер Д.Э. Автоматизированная система количественной оценки рыбных запасов гидроакустическим методом АСКОР-2 // Рыбное хозяйство. 2002. № 4. С. 32-40.
4. Борисенко Э.С. Гидроакустические исследования распределения рыб в пойменно-русловой системе Нижнего Иртыша: дис. ... канд. биол. наук. ИПЭЭ РАН. Москва. 2013. 158 с.
5. Введение в ArcGIS Geostatistical Analyst. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/analysis/geostatistical-analyst/deterministic-methods-for-spatial-interpolation.htm>. (Дата обращения 03.10.2023)
6. Вьюнова А.Н., Золотарев О. В. Исследование способов повышения точности позиционирования за счет дополнительных наземных средств. Физико-техническая информатика (СРТ2020): Материалы 8-ой Международной конференции, Пушкино, Московская обл., 09-13 ноября 2020 года. Нижний Новгород: Автономная некоммерческая организация в области информационных технологий «Научно-исследовательский центр физико-технической информатики», 2020. С. 246-274. DOI 10.30987/conferencearticle_5fd755c06b36c7.92832798. EDN GNPYJM.
7. Ключин Е.Б., Гайрабеков И.Г., Маркелова Е.Ю., Шлапак В.В. Спутниковые методы измерений в геодезии. Часть 3. Учебное пособие. – М.: Изд-во МИИГАиК. 2015. 110 с.

REFERENCES AND SOURCES

1. Shibaev S.V., Sokolov A.V., Aldushin A.V., Degtev A.I., Novozhilov O.A., Baranovsky P.N., Serpunin G.G., Sauskan V.I. (2019). Assessment of reproductive capacity and possible effect of fishery reclamation on the example of the Commercial river basin of the Curonian Lagoon // News of KSTU. No. 55. Pp. 145-160. (In Russ.).
2. Degtev A.I. (2004). Software and technical implementation of the hydroacoustic method for quantifying the density of aquatic biomass: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.13.18. – Petrozavodsk. 168 p. (In Russ.).
3. Degtev A.I., Ivanter D.E. (2002). Automated system of quantitative assessment of fish stocks by hydroacoustic method ASCOR-2 // Fisheries. No. 4. Pp. 32-40. (In Russ.).
4. Borisenko E.S. (2013). Hydroacoustic studies of fish distribution in the floodplain-channel system of the Lower Irtysh: dis. ... cand. biol. sciences. IPPEE RAS. Moscow. 158 p. (In Russ.).
5. Introduction to ArcGIS Geostatistical Analyst. [electronic resource]. – Access mode: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/analysis/geostatistical-analyst/deterministic-methods-for-spatial-interpolation.htm>. (Date of request 03.10.2023). (In Russ.).
6. Vyunova A.N., Zolotarev O. V. (2020). Investigation of ways to increase the accuracy of positioning due to additional ground-based means. Physical and Technical Informatics (CPT2020): Proceedings of the 8th International Conference, Pushchino, Moscow Region, November 09-13, 2020. Volume Part 2. – Nizhny Novgorod: Autonomous non-profit organization in the field of information technologies "Scientific Research Center of Physical and Technical Informatics". Pp. 246-274. DOI 10.30987/conferencearticle_5fd755c06b36c7.92832798. EDN GNPYJM. (In Russ.).
7. Klyushin E.B., Gayrabekov I.G., Markelova E.Yu., Shlapak V.V. (2015). Satellite measurement methods in geodesy. Part 3. Textbook. – M.: Publishing house of MIIGAIK. 110 p. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию/ Received 15.10.2023
Принят к публикации / Accepted for publication 20.10.2023