

На правах рукописи



АЛДУШИН АНДРЕЙ ВИКТОРОВИЧ

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПЕЛАГИЧЕСКОГО
ИХТИОЦЕНОЗА ОЛИГОТРОФНОГО ОЗЕРА НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА
ВИШТЫНЕЦКОГО**

03.02.06 Ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Калининград – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ»)

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор,
Шibaев Сергей Вадимович

Официальные оппоненты:

Лукин Анатолий Александрович, доктор биологических наук, профессор, Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Главное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов» (ФСГЦР филиал ФГБУ «Главрыбвод»), начальник

Новоселов Александр Павлович, доктор биологических наук, Институт комплексных исследований Арктики (ИКИА) Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук» (ФИЦКИА УрО РАН), директор

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук (ИБВВ РАН)

Защита состоится «30» июня 2021 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 307.007.01 на базе ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ») по адресу: 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, зал заседаний совета (ауд. 255/256)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

<http://klgtu.ru/science/soviets/dissertatsii.php>

E-mail: olga.anohina@klgtu.ru

Факс: (84012) 99 53 46

Автореферат разослан « » апреля 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук

Анохина Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Исследование пространственно-временной динамики ихтиоценозов является одним из важнейших источников информации по количественной оценке рыбных запасов и выработке решений по их рациональному использованию. Изучение закономерностей распределения рыб является сложной методологической проблемой и должно выполняться с применением как традиционных методов исследований при помощи активных и пассивных орудий лова, так и с использованием других современных методов, например, гидроакустики (Борисенко, 2013). Использование традиционных методов ихтиологических исследований, дополненных данными гидроакустических съемок, позволяют получить не только видовой и размерно-весовой состав исследуемого рыбного сообщества, но и оценить его пространственную и временную структуры, провести оценку абсолютной численности рыб, дать рекомендации по рациональному их использованию.

В этой связи встает проблема разработки комплексного подхода к исследованию ихтиоценозов малых озер, необходимого для оценки численности рыб и расчета общего допустимого улова (ОДУ) или возможного вылова (РВ), как основы для рационального использования рыбных запасов. Данная проблема, в частности, весьма актуальна для олиготрофного озера Виштынецкого, единственного в Калининградской области, где обитает промысловая популяция европейской ряпушки (*Coregonus albula* (L., 1758)). В 1970–1990 годы ее вылов достигал 30 т, и она имела важное социальное и экономическое значение для местного населения. В 1990-е годы вылов ряпушки значительно снизился, и до настоящего времени его величины на порядок ниже, чем в период интенсивного рыболовства (Тылик, 2008; Шibaев и др., 2010) (Рисунок 1).

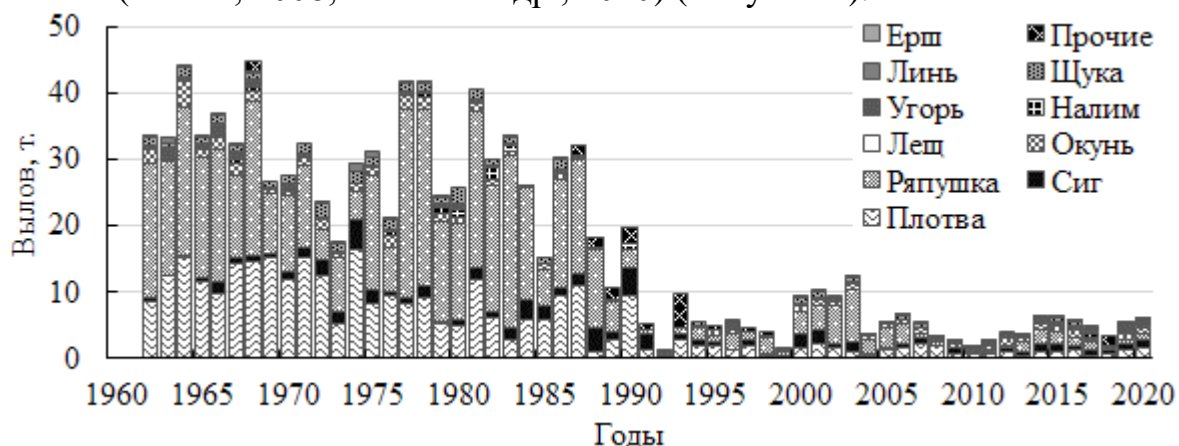


Рисунок 1 – Многолетняя динамика промысла на озере Виштынецком

Вместе с тем, основные индикаторы экологического состояния – биомасса и видовой состав зоопланктона и зообентоса, гидрохимические параметры за последние десятилетия существенно не изменились (Шibaева и др, 2013; Shibaev et al, 2017). В этой связи возникла необходимость определения численности ряпушки. Применение традиционных методов, активных и пассивных орудий лова, имеет свои ограничения, так обловы ставными сетями дают возможность получить видовой состав, но не оценку численности, применение трала сравнительно

трудоемко и в условиях сложного рельефа дна водоема не позволяет обловить достаточную площадь. В связи с этим для определения запаса был применен специальный, комплексный, подход к изучению ихтиоценоза пелагиали озера Виштынецкого в целом и ряпушки, в частности, с использованием как традиционной системы контрольных обловов, так и гидроакустического метода.

Степень ее разработанности. Исследованиям закономерностей распределения рыб посвящено достаточное количество работ (Мантейфель, 1961; Павлов, 1965; Зуссер, 1971; Поддубный, 1985; Базаров, 2007; Кузнецов, 2013; Малин и др., 2018; Боровикова и др., 2020 и др.), однако большинство из них приходится на морские объекты промысла. По внутренним водоемам подобного рода публикации носят отрывистый характер, и только в последние полтора десятилетия можно отметить тенденцию к увеличению количества работ по данному направлению (Базаров, 2007; Чегмагин, 2017; Малин и др., 2018; Боровикова и др., 2020), в том числе основанных на применении гидроакустического метода. Тем не менее, принимая во внимание отмечаемые рядом авторов различия в миграциях одного и того же вида в разных водоемах, когда в одном из них наблюдались суточные миграции, а в другом – нет (Малинин, Базаров, 1987), возникает необходимость выявления закономерностей пространственно-временного распределения рыб в каждом отдельно взятом водном объекте и отработке подходов к его оценке. При этом следует отметить, что несмотря на многолетние комплексные биологические и гидрологические исследования озера Виштынецкого (Мухордова, 1972; Алексеев и др., 1976; Скорняков, 1977; Берникова и др., 1979; Герасимов, 1983; Шкицкий, 1987 и др.), проводимые с середины прошлого века, в последние десятилетия изучение пространственно-временной динамики пелагического ихтиоценоза в полной мере не проводилось (Шибяев и др., 2011).

Цель и задачи исследования. Целью является характеристика пространственно-временной динамики пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого как основы для рационального использования водных биоресурсов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) дать характеристику озера Виштынецкого как среды обитания рыб и актуализировать данные по морфометрической структуре водоема, обуславливающей пространственное и временное распределение рыб в толще воды;
- 2) отработать методику изучения пелагического ихтиоценоза олиготрофного озера с использованием пелагических ставных сетей и гидроакустических средств;
- 3) дать характеристику видовой структуры пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого;
- 4) оценить пространственную (вертикальную и горизонтальную) структуру пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого;
- 5) проанализировать временную структуру пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого;
- 6) провести количественную оценку численности ряпушки озера Виштынецкого как основного компонента пелагического ихтиоценоза;
- 7) разработать промысловую модель и оценить оптимальные параметры

промысла ряпушки озера Виштынецкого, а также эффективность ведения ее промысла с помощью различных орудий лова.

Научная новизна. Впервые проведены комплексные исследования пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого с использованием традиционных методов исследований и гидроакустической аппаратуры, уточнен его видовой состав. По результатам гидроакустических съемок были актуализированы морфометрические характеристики озера Виштынецкого, впервые построена трехмерная модель рельефа дна данного водоема. Изучены пространственная и временная структуры ряпушки как основного компонента пелагического ихтиоценоза. Разработана модель ее промыслового использования на основании динамики основных популяционных параметров под воздействием промысла, позволяющая оценить потенциальные возможности рационального промысла данного вида с учетом как биологического, так и экономического аспектов. На основании модели определена зависимость для поиска оптимальных параметров (период промысла, коэффициент уловистости, промысловая смертность; для трала дополнительно учитываются ширина зоны облова и скорость траления) промысла ряпушки.

Теоретическая и практическая значимость работы. Предложенный комплексный подход к оценке пространственно-временной динамики пелагического ихтиоценоза и рационального использования его продукционных свойств может быть применен на других олиготрофных водоемах. Полученные данные могут быть использованы для целей оптимизации и управления промыслом ряпушки на озере Виштынецком. Определены оптимальные сроки проведения учетных съемок по количественной оценке численности ряпушки озера Виштынецкого, а также оптимальные районы, горизонты лова и объем возможного вылова для данного вида.

Методология и методы исследования. В ходе исследований были применены стандартные и оригинальные методики. Для анализа результатов использовались методы вариационной статистики.

Положения, выносимые на защиту:

- 1) методология изучения пелагического ихтиоценоза с использованием комплекса разноячейных ставных сетей и гидроакустики;
- 2) закономерности пространственно-временного распределения и вертикальных миграций ряпушки озера Виштынецкого.
- 3) оптимальные параметры промыслового использования ряпушки озера Виштынецкого;

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов подтверждена большим объемом собранного и обработанного фактического материала за многолетний период, одновременным использованием нескольких методов его получения. Анализ материала осуществлялся с использованием математической статистики и методов математического моделирования. С целью оценки достоверности полученных результатов использовался t-критерий Стьюдента для уровня значимости $\alpha=0.05$, доверительные интервалы для генеральных средних определялись с вероятностью $P=95\%$ (Лакин,

1990; Ивантер, 2005). Материалы диссертации докладывались и обсуждались на VI юбилейной международной научной конференции «Инновации в науке и образовании – 2008» (Калининград 21–23 октября 2008 года, Калининград), VII международной научной конференции «Инновации в науке и образовании – 2009» (20–22 октября 2009 года, Калининград), седьмом всероссийском научно-производственном совещании по биологии, биотехнике сиговых рыб (15–19 февраля 2010 года, Тюмень), I Всероссийской конференции с международным участием (12–16 сентября 2011 года, Борок).

Публикации результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ, 2 из них в изданиях, рекомендованных ВАК, одна – в изданиях из Международных баз Scopus.

Личное участие автора. Автором лично проведены гидроакустические исследования на водоеме, принимал активное участие в работах по сбору первичного материала в период с 2007 по 2020 годы. Лично осуществлял камеральную обработку первичных материалов, математическую и статистическую обработку данных гидроакустических съемок и контрольных обловов, разработал модель промыслового использования ряпушки озера Виштынецкого для селективных и неселективных орудий лова.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 160 стр., содержит 92 рисунка, 18 таблиц, состоит из введения, 5 глав, заключения. Библиография включает 124 наименования, в том числе 15 иностранных источников.

1 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для настоящей работы послужили комплексные рыбохозяйственные исследования ихтиофауны озера Виштынецкого кафедрой ихтиологии и экологии ФГБОУ ВО «КГТУ» за период 2007–2020 г., в которых автор принимал непосредственное участие. Работы включали в себя изучение морфологии водоема и пелагического ихтиоценоза с помощью гидроакустики, оценку параметров среды обитания рыб и контрольные обловы по стандартной сети станций.

Видовая структура пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого определялась на основании данных контрольных обловов ставными сетями с шагом ячеи 6,5, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 35, 40 мм. Сети выставлялись в толще воды через каждые 5 м, начиная от поверхности, на различных горизонтах глубин на расстоянии не менее трех метров ото дна с целью избегания облова придонного горизонта. Продолжительность постановки порядка (набора) сетей составляла 0,5–1 сутки. Анализу подверглись данные 1361 облова, проведенных в весенне-летние периоды с 2007 по 2020 годы. Помимо сетного лова в 2012–2013 годах были выполнены 15 экспериментальных тралений с одновременными гидроакустическими измерениями. Конструкция используемого трала характеризовалась следующими параметрами: пелагический (разноглубинный), четырехпластный; набор ячеи 80, 60, 30, 18, 12, 10, 5 мм; вертикальное раскрытие – 5 м; горизонтальное раскрытие – 7 м; скорость траления 3–5 км/ч; горизонт лова задавался путем подбора необходимой длины ваеров. Траление осуществлялось близнецовым способом двумя мотолодками с подвесными моторами мощностью 25 л.с. каждый (Шибяев и др., 2012). При сборе и обработке данных контрольных

обловов использовались стандартные методики сбора и обработки биологического материала (Правдин, 1966). В работе использовались данные по биологическому анализу ряпушки озера Виштынецкого в количестве 5.2 тыс. особей и данные массовых промеров уловов пелагических ставных сетей и разноглубинного трала – 93.7 тыс. рыб.

Все материалы по контрольным уловам стандартизированы и приведены к общим показателям: единица усилия сетного лова – сутки лова на 25 м сети, единица усилия тралового лова – час траления. Обработка и анализ информации по проведенным контрольным обловам, материалам массовых промеров и биологического анализа осуществлялся с использованием информационно-аналитической системы «Рыбвод» (Шибаетов и др., 2001; Шибаетов, 2004) и программы для работы с электронными таблицами MS Excel.

Гидроакустические съемки проводились в весенне-летний период в дневное и ночное время научно-исследовательским гидроакустическим комплексом вертикального зондирования «АсКор» (Дегтев, 2002) на базе эхолота Furuno LS-4100 по схеме галсов по типу «меандр». За рассматриваемый период были проведены три вида съемок (дневные, ночные и суточные) в общем количестве 41 съемка. Дневные и ночные съемки выполнялись по всей акватории водоема, принадлежащей Российской Федерации, в течение 3–4 часов, суточные – проводились в течение суток с интервалом каждые три часа, ночью – галсом до глубоководной впадины и обратно, днем путь был увеличен до второй глубоководной впадины, находящейся в центральной части водоема. Ночные съемки использовались для количественной оценки рыбных скоплений. Суточные съемки были направлены на выявление закономерностей вертикальных миграций рыб в течение суток. По собранным данным через глубоководные впадины озера были построены гидроакустические разрезы с целью получения наглядной картины вертикального и пространственного распределения рыб по акватории водоема (Алдушин и др., 2016).

Вычисление абсолютной численности рыб по озеру Виштынецкому осуществлялось на основе геостатистического метода интерполяции «Кригинг» (Rivoirard et al, 2000). Численность рыб вычислялась как объем трехмерной фигуры (Борисенко, 2013). Параллельно была произведена оценка численности площадным методом, при этом для каждого года использовались площадные характеристики конкретных глубинных слоев водоема, а также средняя плотность скоплений по данным гидроакустических съемок.

На основании результатов обработки пространственно-соотнесенной информации, полученной в ходе проведения гидроакустических съемок, с использованием географических информационных систем (ГИС) были получены современные морфометрические характеристики озера Виштынецкого.

Оценка промысловых уловов и анализ объемов возможного вылова ряпушки на озере Виштынецком осуществлялись на основании данных промысловой статистики Западно-Балтийского территориального управления Росрыболовства. Оценка оптимальных параметров промысла осуществлялась по модифицированной модели Рикера (Рикер, 1979; Шибаетов, 2014) для селективных и

неселективных орудий лова с применением граничных ориентиров параметров промысла и критерия $F_{0.1}$.

Оценка величины возможного вылова ряпушки озера Виштынецкого базировалась на применении современных подходов к его оценке, изложенных в литературе (FAO, 1999; Шibaев, 2014).

2 ОЗЕРО ВИШТЫНЕЦКОЕ КАК СРЕДА ОБИТАНИЯ РЫБ

Озеро Виштынецкое расположено на юго-востоке Калининградской области на высоте 172 м выше уровня моря и является трансграничным водоемом, по акватории которого проходит государственная граница между Российской Федерацией и Литовской Республикой (ФЗ «О ратификации договора...», 2003). Озеро имеет ледниковое происхождение, рельеф дна – сложный, чаша озера поперечным порогом разделена на две обширные котловины: северную и южную (Тылик, 2007; Берникова, 2008).

Основные морфометрические характеристики озера, полученные по данным гидроакустических съемок и результатам обработки пространственно-соотнесенной информации средствами ГИС, следующие (Шibaев и др., 2008): длина озера – 8.5 км, ширина – 4.4 км (средняя – 2 км), максимальная глубина – 54 м, длина береговой линии – 25 км, площадь зеркальной поверхности – 1.8 тыс. га, объем воды – 280.4 млн. м³. Почти 2/3 общей площади водоема занимают глубины до 20 м, и только около 13% приходится на глубины более 30 м (Рисунок 2). Полученные характеристики имеют важное значение для достоверной оценки численности популяции пелагического ихтиоценоза, поскольку распределение рыб по акватории и глубинам может быть неравномерным, и на разные глубины могут приходиться разные их концентрации.

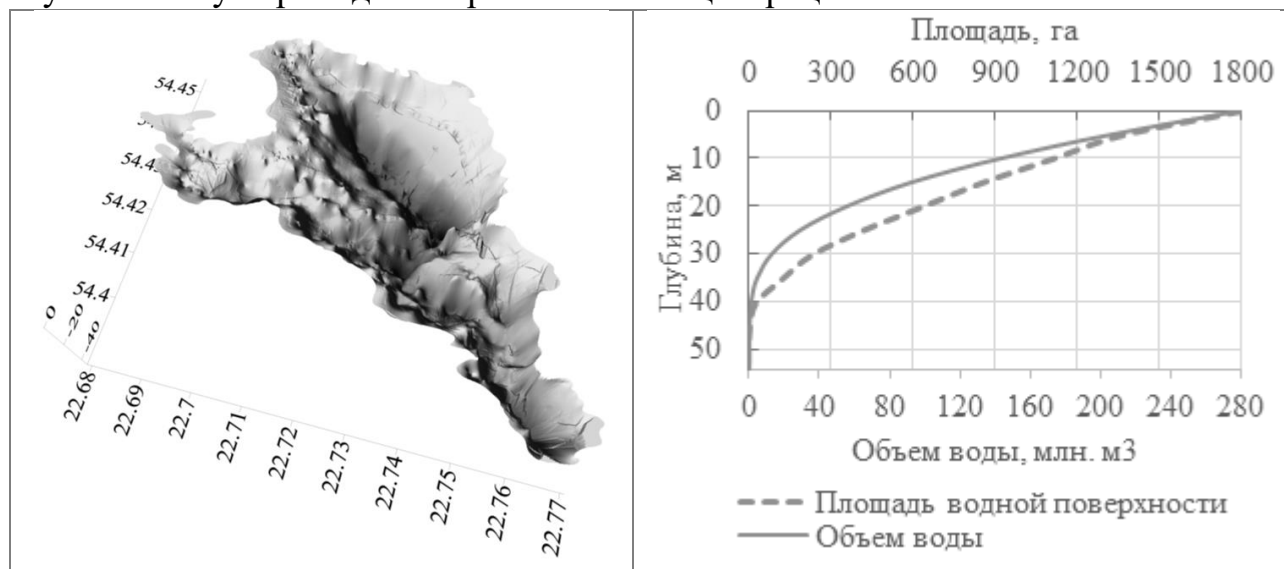


Рисунок 2 – Трехмерное изображение дна (слева) и батиметрические кривые (кривая площадей и кривая объемов) (справа) озера Виштынецкого

Вода в озере отличается довольно высокой для малых водоемов прозрачностью, достигая 6–8 м в центральных частях озера в холодный период, а водоем по своим гидрохимическим показателям может быть отнесен к олиготрофным с некоторыми чертами мезотрофности в прибрежных его частях (Берникова,

2008). Термические процессы, протекающие в озере, характерны для пресноводных глубоких водоемов, которым свойственна сезонная температурная стратификация воды. Она же оказывает влияние и на распределение растворенного кислорода, содержание которого подвержено влиянию характера прогрева вод и может в особенно жаркие периоды снижаться ниже обычного (Берникова, 1972; Берникова, 2008; Тылик, 2008). Как температура, так и кислородный режим оказывают влияние на жизнь водоема и его обитателей. Терморегуляционное поведение рыб, определяющее выбор зоны избираемой температуры в градиентных условиях (Ивлев, 1958; Кауфман, 1989; Голованов, 2012), равно как и знания о влиянии газового режима водоема на их распределение, что особенно характерно для оксифильных видов рыб, являются важной теоретической и практической информацией при решении вопросов организации эффективного промысла на исследуемом водоеме. Подобные сведения могут способствовать выявлению точных сроков ведения промысла с целью получения наибольших уловов целевого вида и минимизации экономических затрат на его ведение. В целом, концентрация, распределение и сезонная динамика биогенных элементов, в основном, соответствуют закономерностям, формируемым сезонностью гидрологических и гидробиологических процессов (Берникова, 2008).

Зоопланктон озера Виштынецкого представлен 115 видами, относящимися к коловраткам (*Rotatoria*), ветвистоусым (*Cladocera*) и веслоногим ракообразным (*Copepoda*) (Шиббаева, 2008). Многие планктонные животные являются важной составной частью кормовой базы молоди рыб и зоопланктофагов. По акватории озера виды зоопланктона распределены достаточно равномерно, однако максимум видов характерен для пелагической части озера. Зообентос представлен 143 видами, являющимися представителями шести классов донных животных: *Oligochaeta* (малощетинковые черви), *Hirudinea* (пиявки), *Bivalvia* (двустворчатые моллюски), *Gastropoda* (брюхоногие моллюски), *Crustacea* (ракообразные) и *Insecta* (насекомые) (Шиббаева, 2008).

Ихтиофауна озера Виштынецкого представлена 23 видами рыб, относящихся к десяти семействам, включая сиговых рыб, отсутствующих в большинстве других пресноводных водоемов Калининградской области (Алексеев, 1971; Тылик, 2008). Помимо ряпушки и сига в озере широко представлены карповые, окуневые и другие виды рыб.

Официальные данные промысловой статистики озера датируются 1962 годом. Основными объектами промысла были ряпушка и плотва. Средние уловы составляли 30–35 т, достигая в отдельные годы 45 т. Вплоть до начала 90-х годов средние уловы составляли 29.6 т (Мухордова, 1972; Тылик, 2008). Начиная с 90-х годов XX века наблюдается резкое снижение промысловых уловов, обусловленное социально-экономическими причинами. За последние три десятилетия средний вылов в озере составил 5.3 т. На данный момент основными промысловыми видами рыб являются ряпушка, плотва, окунь, сиг, налим, щука, линь, угорь.

3 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЛАГИЧЕСКОГО ИХТИОЦЕНОЗА ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО

В большинстве олиготрофных озер пелагический ихтиоценоз представлен обычно несколькими видами, а и их количество может колебаться от двух до семи (Луц, 1984; Базаров, 2007; Козлова, 2015; Барсова, 2017). На озере Виштынецком оценка структурных характеристик ихтиофауны проводилась на основании метода анализа ихтиоценозов малых водоемов Калининградской области на основе контрольных обловов комплексом орудий лова (Шибяев и др., 2014). Данный подход предполагает выделение четырех основных характеристик ихтиоценоза, где, наряду с величинами вылова, анализируется частота встречаемости вида в уловах. При этом в качестве характеристик численности (или биомассы) используются данные по уловам на единицу промыслового усилия. Интеграция указанных данных по каждой размерной группе (для ставных сетей аналогом размерной группы выступает шаг ячеи) в совокупности с другими задаваемыми условиями (глубина, местоположение, время проведения наблюдений и т.п.) позволяет получить величину, прямо пропорциональную абсолютной численности (или биомассе), которую в настоящей работе обозначим термином «виртуальная» численность (или биомасса). По сути, это понятие не совпадает с термином, используемым в виртуально-популяционном анализе, и представляет собой эмерджентное свойство, характеризующее взаимодействие представителей ихтиофауны водоема с орудием добычи.

Результаты анализа траловых и сетных уловов по частоте встречаемости показали, что доминирующим видом пелагического ихтиоценоза является ряпушка, которая встречается более, чем в 70% сетных обловов и 100% тралений. Наибольшие значения индексов численности и биомассы рыб приходится на сети с шагом ячеи 9–14 мм (10–14 мм для биомассы), а их максимальные величины – на сеть с шагом ячеи 14 мм. Основная доля вылова как по численности, так и по биомассе в данных сетях приходится на ряпушку. В сетях с более крупным шагом ячеи (35, 40 мм) возрастает биомасса прочих видов, однако уловы по численности таких видов (в основном окунь, плотва, щука) единичны (Рисунки 3–4).

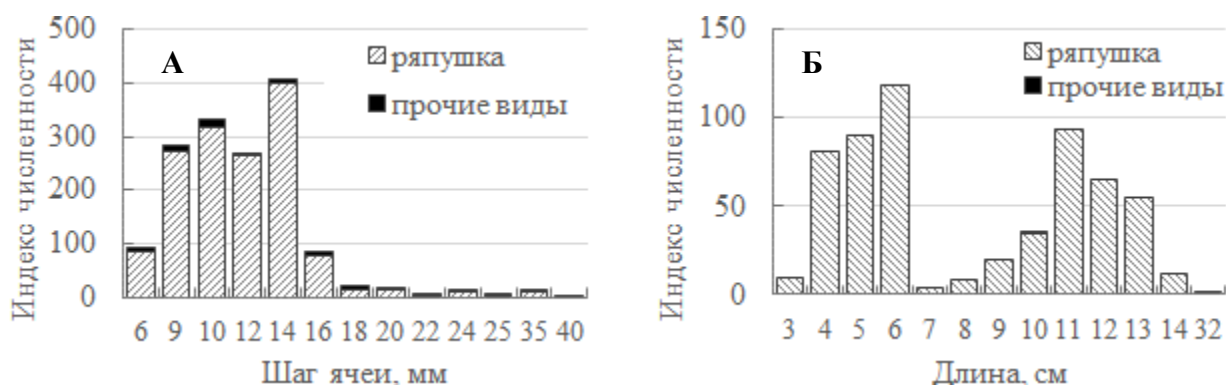


Рисунок 3 – Виртуальная размерная структура (по численности) пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого различными орудиями лова: пелагические ставные сети (А); разноглубинный трал (Б)

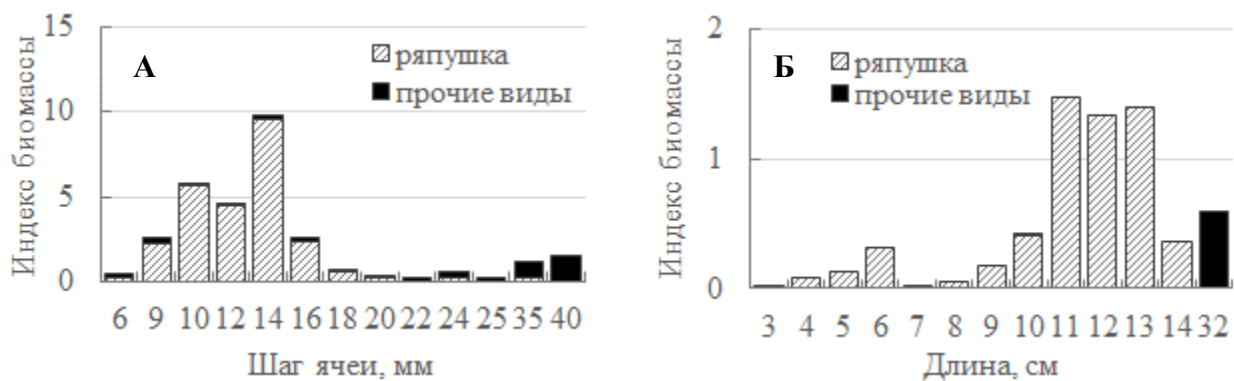


Рисунок 4 – Виртуальная размерная структура (по биомассе) пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого различными орудиями лова: пелагические ставные сети (А); разноглубинный трал (Б)

Обобщение информации об уловах по горизонтам лова за каждый месяц наблюдений позволило оценить вертикальное распределение рыб в разные времена года. Установлено, что ряпушка представлена в уловах во всех горизонтах, и вне зависимости от сезона (весна-лето) на нее приходятся здесь наибольшие величины вылова за исключением самого верхнего слоя (0–5 м), где в уловах преобладают другие виды рыб (уклея, плотва, окунь, щука). В мае средние уловы на усилии по ряпушке не высоки, а особи данного вида отмечаются в уловах во всей толще воды. В летние месяцы ее уловы на усилии возрастают, а в вертикальном распределении отмечается постепенное расслоение, которое становится наиболее выраженным в августе месяце, когда она распределена по двум основным горизонтам: 15–20 и 25–35 м. Этот же период характеризуется наибольшими ее уловами, приходящимися на единицу промыслового усилия. Сопоставление результатов тралений с периодом их проведения позволило дать оценку динамики уловов и размерного состава ряпушки в зависимости от времени суток и месяца лова. Результаты показывают, что ночные уловы ряпушки тралом вне зависимости от сезона превосходят по величине дневные, при этом разница составляет более чем в 2 раза. И дневные, и ночные уловы в разные летние месяцы представлены в большинстве своем размерными группами ряпушки от 4 до 14 см, при этом преобладают (по массе) в них относительно крупные особи с размерами 9–13 см. Наибольшие уловы на усилии приходятся на август месяц.

По данным уловов ставных сетей дана оценка виртуального размерного состава пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого для каждого вида рыбы, при этом представление виртуального размерного состава с учетом горизонта лова позволило получить дополнительную информацию о соотношении уловов на усилии по различным слоям. Для ряпушки наибольшие значения индекса численности приходятся на сети с шагом ячеи 9, 10, 12 и 14 мм (в среднем порядка 330 шт./f), при этом данный вид представлен практически во всех горизонтах лова, однако более высокие показатели приходятся на слой ниже 15 м. Уклея по данному показателю преобладает в сетях с шагом ячеи 10 мм (57 шт./f) и представлена только в слое до 5 м. Плотва фиксируется только в верхних горизонтах лова (до 10 м), достигая наибольших значений данного индекса в сетях с шагом ячеи 24 мм в диапазоне глубин 0–5 м (32 шт./f). Сиг, щука и налим встречаются

штучно. Окунь в уловах представлен в широком диапазоне слоев, индекс численности невысок (3 шт./f), а его наибольшие значения (16 шт./f) приходятся на сети с шагом ячеи 9, 35 и 40 мм и диапазон глубин 5–15 м. Ерш в уловах фиксируется в горизонтах лова 10 м и глубже, в основном в сетях с шагом ячеи до 18 мм (индекс численности в среднем составляет 8 шт./f).

Виртуальная размерная структура, представленная как совокупность долей по численности (биомассе) в уловах ставных сетей с разным шагом ячеи, приведена только для ряпушки, т.к. по частоте встречаемости и по размерному составу в сетях она является доминирующим видом (как по численности, так и по биомассе). За рассматриваемый период (2007–2020 гг.) основная доля по численности и биомассе данного вида приходилась на сети с шагом ячеи 12 и 14 мм, причем если в первые 4 года наблюдений преобладающими по данному параметру были сети с шагом ячеи 12 мм, то в дальнейшем основная доля уже приходилась на сети с шагом ячеи 14 мм. В последние несколько лет наблюдается увеличение доли численности (биомассы) ряпушки в сетях с шагом ячеи 16 и 18 мм, составляя в среднем 18% и 4% (22% и 6% по биомассе) (против 5% и 1% (7% и 1% по биомассе) в более ранние годы) от общей ее численности (биомассы) в уловах соответственно.

По результатам совместных тралово-акустических съемок в ночное время суток, в которых применение средств гидроакустики позволило достаточно точно наводить трал на скопления рыбы в пелагиали озера (Рисунок 5) и провести оценку плотности рыбных скоплений в зоне работы данного орудия, был определен коэффициент его абсолютной уловистости, который по расчетам может находиться в пределах 0.17–0.37, что согласуется с литературными данными по разноглубинным тралам (Шибяев, 2014). Траловые съемки позволили впервые получить уловы сеголетков ряпушки и учесть их биологические параметры при оценке перспектив рационального использования данного вида.

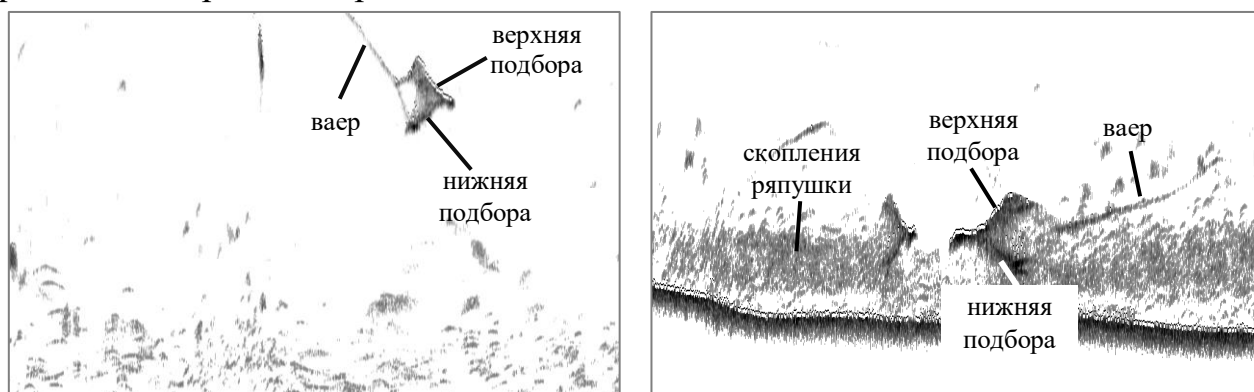


Рисунок 5 – Регистрация трала гидроакустическим комплексом «АсКор» в толще воды

Результаты контрольных обловов сетными и траловыми орудиями лова свидетельствуют о том, что доминирующим как по численности, так и по биомассе видом пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого является ряпушка. Это позволяет интерпретировать результаты гидроакустических исследований пелагического ихтиоценоза как относящиеся именно к ряпушке и использовать их для оценки численности данного вида, пространственно-временной динамики ее

распределения и перспектив ее рационального использования.

4 ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕЛАГИЧЕСКОГО ИХТИОЦЕНОЗА ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО

Одновременно с изучением ихтиоценоза при помощи обловов были проведены гидроакустические исследования, направленные на решение нескольких задач: изучение суточной и сезонной динамики распределения пелагического ихтиоценоза, а также его пространственной структуры. Все это в совокупности позволило оценить запасы ряпушки как основного компонента пелагического ихтиоценоза.

Сравнительный анализ суточных гидроакустических съемок, проведенных в мае 2010 и 2011 годов, показывает, что в дневное время рыбные скопления приурочены в основном к придонной части водоема. В вечернее время часть рыбы поднимается ото дна, наибольшие ее концентрации приходятся на глубины 20–30 м. Ночью большая их часть располагается в толще воды, формируя вертикальный слой 20–25 м, скопления ряпушки при этом рассредоточены в слое глубин 10–35 м. С рассветом часть рыбы опускается на дно, а через несколько часов она практически вся приурочена к придонному слою (Алдушин и др., 2016) (Рисунок 6).

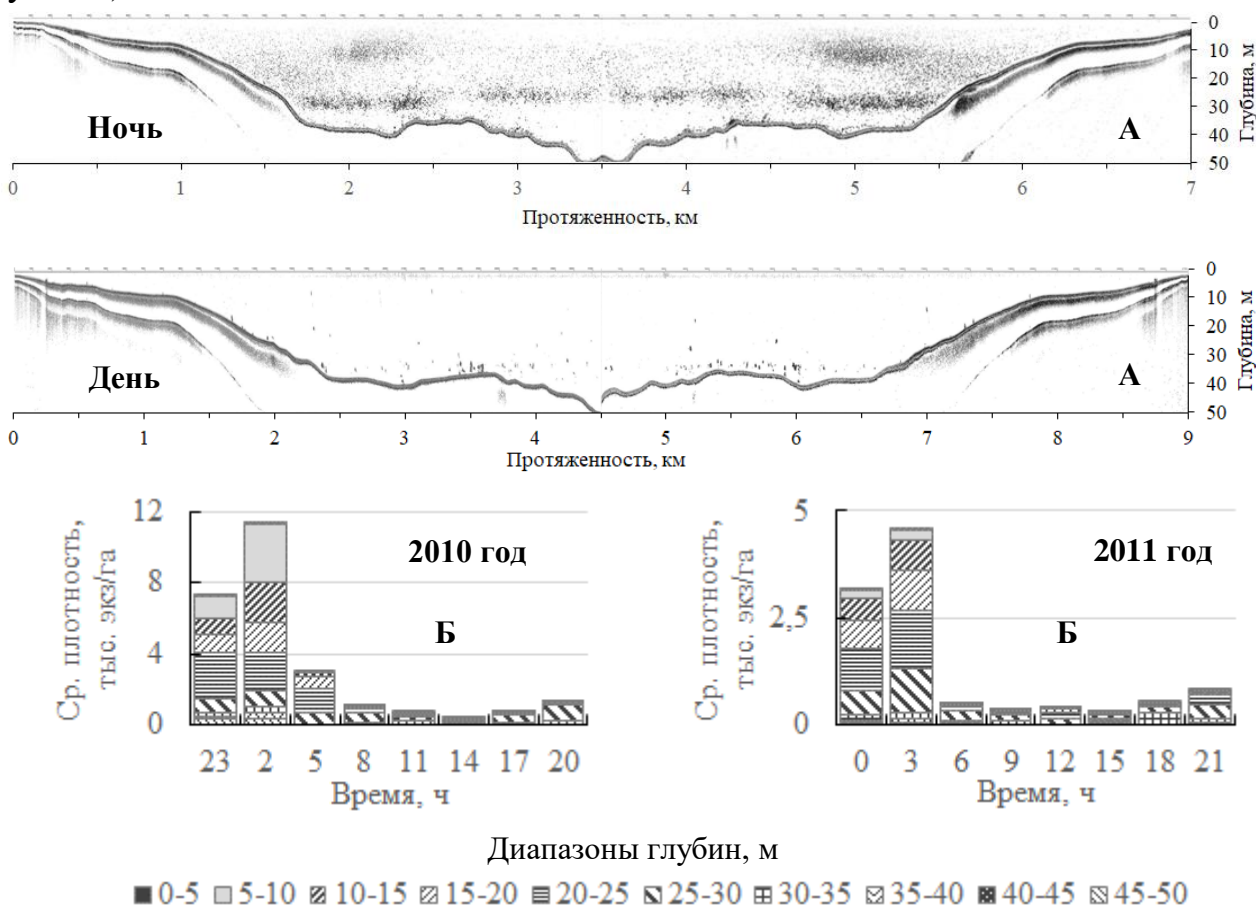


Рисунок 6 – Типичные эхограммы ночных и дневных скоплений ряпушки (А) и динамика изменения плотности ее скоплений по глубине в 2010 и 2011 годах в зависимости от времени суток (Б)

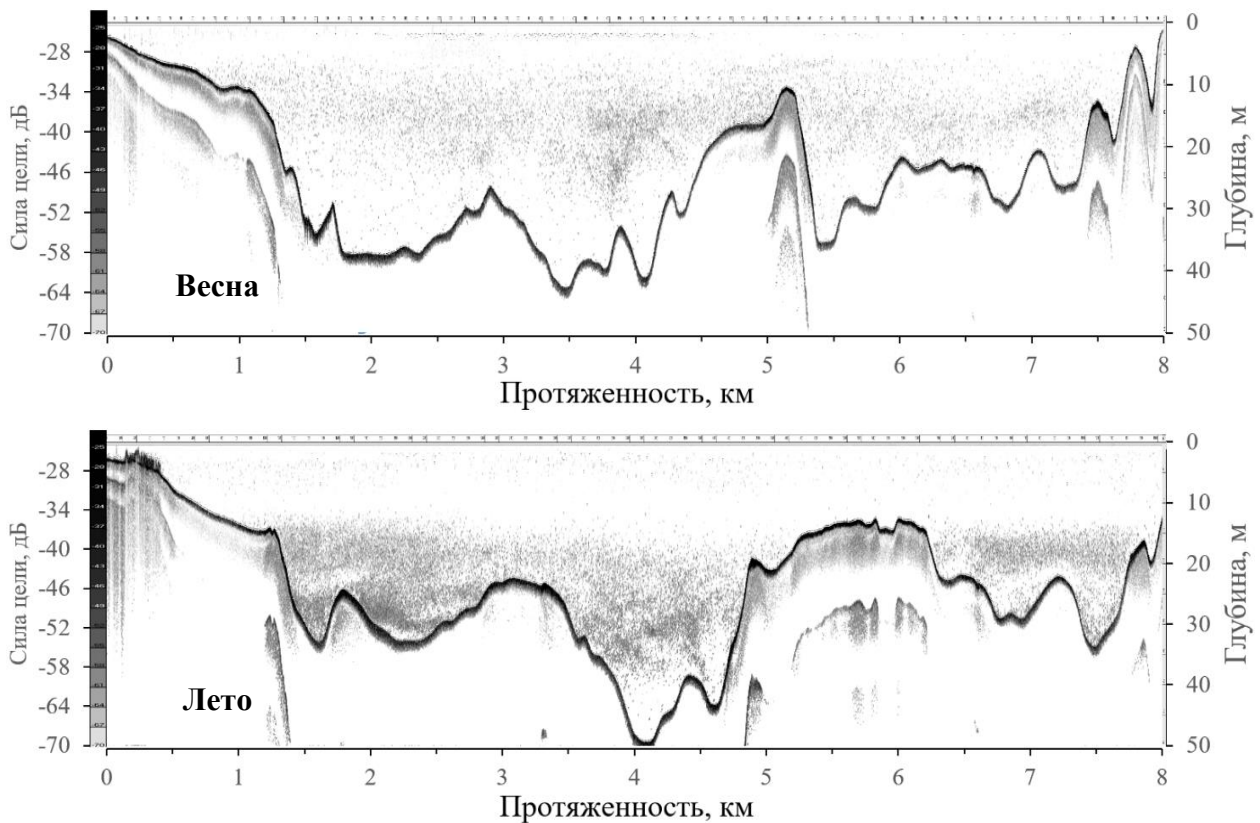


Рисунок 7 – Типичная эхограмма ночных скоплений ряпушки в период весенней гомотермии (сверху) и в период установления слоя температурного скачка на глубине 15 м (снизу)

По мере прогрева воды в озере формируется слой температурного скачка, который устанавливается в горизонте около 15 м. В этот период ряпушка концентрируется в глубоководной зоне и не выходит за пределы этой изобаты на меньшие глубины. Выделяются два основных слоя скоплений – 15–20 и 25–35 м – основные концентрации при этом формируются в слое 25–35 м (Алдушин и др., 2016) (Рисунок 7). Указанные горизонты лова также выделяются по уловам ряпушки в численном выражении сетными орудиями лова (Рисунок 8).

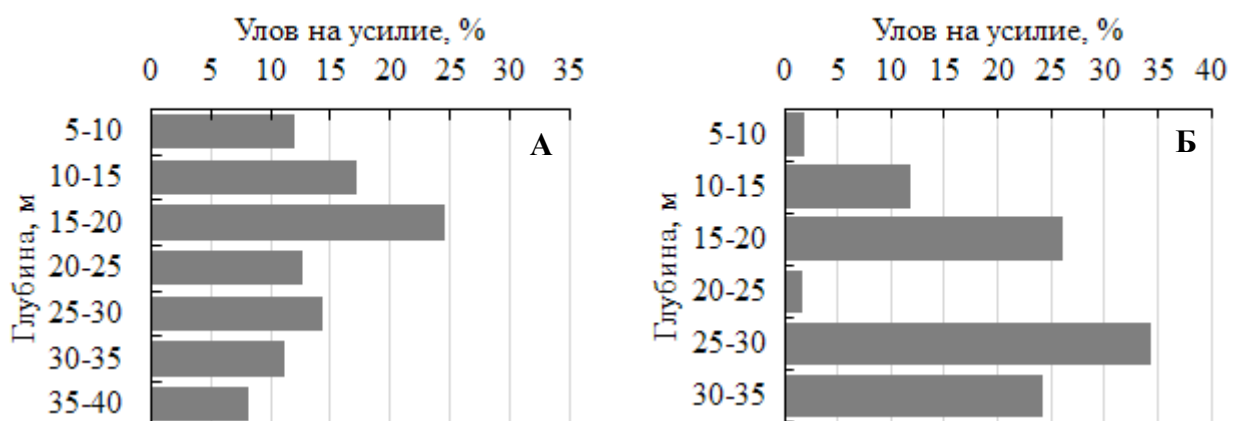


Рисунок 8 – Распределение уловов на усилие (по численности) ряпушки по горизонтам лова по данным контрольных обловов в период весенней гомотермии (А) и в период установления слоя температурного скачка (Б)

В сентябре слой скачка опускается на глубину и постепенно размывается, а в октябре-ноябре устанавливается осенняя гомотермия (Берникова, 2008; Тылик, 2008). С октября ряпушка снова распределяется по всей толще воды, картина становится схожей с весенним периодом: высота слоя скоплений достигает 25 м, а максимальные концентрации отмечаются в слое 15–25 м.

Помимо температурных условий, установившихся в водоеме, на вертикальное распределение ряпушки в толще воды в сезонном аспекте также оказывает влияние содержание растворенного кислорода в воде. И, если температура воды является фактором, лимитирующим верхнюю границу зоны распространения данного вида в толще воды, то кислород ограничивает нижнюю его часть. Так, например, наблюдаемые скопления ряпушки в толще воды в дневное время суток, отмечаемые в некоторые годы наблюдений в августе месяце, могут быть объяснены сложившимися газовыми условиями в водоеме в указанный период времени. Учитывая, что ряпушка относится к оксифильным видам и принимая во внимание типичные кривые сезонного изменения вертикального распределения содержания кислорода в озере Виштынецком (Берникова, 2008), в соответствии с которыми в августе и сентябре месяцах отмечается пониженное содержание кислорода (менее 4 мг/л) на большой глубине, все это позволяет сделать предположение о влиянии содержания кислорода на вертикальное распределение ряпушки. Следует отметить, что схожая картина отмечается рядом авторов для ряпушки других водоемов (Боровикова и др., 2020). Тем не менее, учитывая малое количество дневных съемок в указанный период времени, это должно быть подтверждено дополнительными наблюдениями на водоеме в августе и сентябре месяцах, когда содержание растворенного кислорода в воде на глубине минимально.

Распределение ряпушки как основного представителя пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого по акватории водоема (горизонтальная структура) неравномерно и в течение года претерпевает определенные изменения, что связано с температурными и морфологическими условиями водоема. Данный вывод основан на результатах многолетних гидроакустических съемок в комплексе с постановками сетных орудий лова. В период весенней гомотермии термические условия среды для обитания ряпушки благоприятны на большей части акватории водоема. Поэтому в данный период карта плотностей скоплений ряпушки имеет рассредоточенный характер распределения. По мере прогрева воды и образования слоя температурного скачка ряпушка мигрирует в сторону больших глубин (15 м и ниже), что сказывается на ее пространственном распределении: площадь акватории, приемлемая для ее обитания, сокращается, а скопления приурочены в основном к глубоководным впадинам (Алдушин и др., 2016). Сетные уловы в весенний (период формирования слоя температурного скачка) и летний (период установления слоя температурного скачка) периоды демонстрируют схожий результат.

По данным гидроакустических съемок была проведена оценка численности геостатистическим методом «Кригинг» (Rivoirard et al, 2000; Борисенко, 2013) и площадным методом. Принимая во внимание тот факт, что ряпушка занимает не

всю толщу воды, а находится преимущественно в определенном слое глубин, при расчете численности площадным методом для каждого года использовались площадные характеристики конкретных глубинных слоев водоема, а также средняя плотность (экз./га) по данным гидроакустических съемок. Полученные результаты в целом свидетельствуют о сходимости двух методов, однако применение геостатистической модели, которая базируется на статистической интерпретации данных, видится более обоснованным. Сравнительный анализ динамики численности по данным гидроакустических съемок и уловов на усилии ставными сетями (Рисунок 9) позволяет сделать вывод о наличии прямой связи между этими показателями (коэффициент корреляции Пирсона 0.74 ($t_s=3.460$, $t_{s_{крит}}=2.228$, $P=0.95$)), что свидетельствует о достоверности получаемых по результатам гидроакустических исследований данных и использовать их при оценке численности данного вида рыбы и ее динамике.



Рисунок 9 – Динамика численности (по данным гидроакустических съемок) и уловов на усилии (по данным сетных уловов)

При оценке состояния и управления запасами того или иного вида рыбы важную роль играет изучение его размерного состава. В используемом на озере Виштынецком программно-аппаратном комплексе «АсКор» заложена возможность восстановления размерного состава обнаруживаемых рыб на основе зависимости длина рыбы – сила цели, что позволяет применять получаемые комплексом данные для оценки размерной структуры ряпушки озера Виштынецкого. Учитывая, что в литературе по данному виду встречается уравнение регрессии (Mehner, 2006) для восстановления размерной структуры ряпушки и оно показало близкие к полученным контрольными обловами результаты, именно оно использовалось в оценке размерных характеристик данного вида по результатам гидроакустических съемок.

В целом за последние четыре года (2017–2020 гг.) размерная структура ряпушки не претерпевала серьезных изменений. Основная ее численность приходилась на размерные группы 3–10 см (86%–90% от общей численности зарегистрированных скоплений ряпушки). При этом ряпушка длиной менее 3 см не

встречалась как в гидроакустических съемках, так и в траловых уловах, где минимально зарегистрированная длина составляла 3 см. Следует отметить, что особи длиной более 16 см также практически не регистрировались на записях эхограмм (численность по данным гидроакустики составляла менее 1%). Похожий результат отмечался и в результатах контрольных обловов разноячейными ставными сетями.

В пространственном аспекте размерная структура ряпушки также имела определенные особенности. В вертикальной структуре ее распределения отмечалось преобладание мелкоразмерных особей (до 10 см) в верхних горизонтах (10–20 м) ниже слоя температурного скачка. С увеличением глубины размерная структура ряпушки менялась в сторону увеличения ее длины, и на глубинах более 30 м преобладали особи длиной более 10 см.

В пространственном распределении по акватории водоема также можно выделить некоторые особенности, связанные с размерной структурой ряпушки. В центральной части водоема в местах, приуроченных к глубоководным впадинам, а также в глубоководной впадине южной части озера преобладали особи длиной более 6 см, в то время как на склонах на относительно мелких участках водоема (с глубинами менее 30 м) отмечалось преобладание особей с длиной менее 6 см.

5 ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЕЛАГИЧЕСКОГО ИХТИОЦЕНОЗА

Разработка принципов рационального использования продукционных свойств популяций рыб базируется на подборе оптимальных параметров промысла, определяющих соотношение между интенсивностью и селективностью промысла, с одной стороны, и величиной улова – с другой. Наиболее эффективным подходом в современных условиях при исследовании закономерностей динамики эксплуатируемых популяций рыб и разработке принципов рационального использования является моделирование. С целью оценки динамики основных промысловых параметров ряпушки озера Виштынецкого под влиянием промысла как для селективных, так и неселективных орудий лова, а также определения промысловых параметров и разработки рекомендаций по рациональному промысловому использованию ряпушки озера Виштынецкого использовалась модифицированная аналитическая промысловая модель Рикера (Риккер, 1979).

Применение указанной модели позволило для популяции ряпушки озера Виштынецкого выявить ряд закономерностей для селективного и неселективного видов промысла. Так, при возможном ведении тралового лова ряпушки озера Виштынецкого, принимая во внимание динамику изменения величины улова в штучном и весовом выражениях, а также средней навески особи в улове (как наиболее важных с потребительской точки зрения) от промысловой смертности и возраста первой поимки в качестве оптимальных параметров промысла, позволяющих сохранить минимальную биомассу запаса на уровне не менее 50% от биомассы девственной популяции ($SSB_{50\%}$), можно выделить следующие: установление возраста первой поимки (t_c), равного двум годам, который хоть и

дает несколько меньшие величины улова в штучном ($\Delta Y_N=0.1-0.2$ экз./R) и весовом ($\Delta Y_W=0.2$ г/R) выражениях по сравнению с t_c , равным один год при малой интенсивности промысла ($0.1 \leq F \leq 0.3$), но при этом обеспечивает почти двухкратную разницу в средней навеске в улове, а при увеличении интенсивности промысла оптимальные параметры соответствуют возрасту t_c , равным двум годам (Рисунок 10).

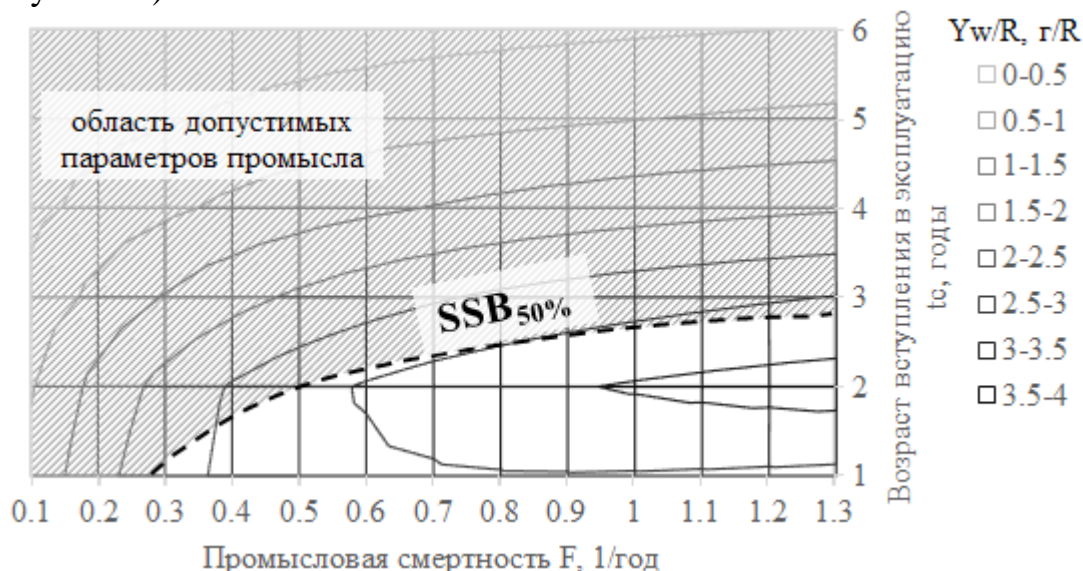


Рисунок 10 – Динамика уловов на единицу пополнения в весовом (Y_w/R) выражении ряпушки озера Виштынецкого в зависимости от возраста вступления в эксплуатацию (t_c) при разных значениях промышленной смертности (F) с учетом граничных ориентиров промысла

Применение идентичных критериев выбора к селективному промыслу ряпушки озера Виштынецкого позволяет выделить следующие оптимальные параметры ее добычи с учетом выбранных граничных ориентиров: использование сетей с шагом ячеи 12 мм позволяет достичь наибольших величин улова как в штучном, так и в весовом выражении по сравнению с сетями с большим шагом ячеи при любой интенсивности промысла. Учитывая, что сети с шагом ячеи 12 мм облавливают в большей степени возрастные группы ряпушки двух и трех лет, полученные результаты анализа в целом сопоставимы с таковыми для неселективного лова по модели Риккера для возраста t_c , равного двум годам.

Принимая во внимание полученные результаты оценки экономической эффективности промысла ряпушки озера Виштынецкого на основании критерия $F_{0.1}$, значение которого приблизительно соответствует F_{MEY} (Шибяев, 2014), сопоставляя их с результатами анализа биологических оптимальных параметров промысла данного вида на основании модели Рикера, можно сделать следующие выводы. При ведении тралового лова применение интенсивности и селективности промысла ($t_c=1$ и $F=0.4$), обеспечивающих максимальный экономический улов, не позволяет обеспечить сохранение минимальной биомассы запаса, необходимого для нормального воспроизводства. Однако определенная по модели Рикера оптимальная с точки зрения биологических параметров пара значений $t_c=2$ и $F=0.5$ согласно критерию $F_{0.1}$ является следующей (в порядке убывания от

величины приращения улова, равной 10%) по экономической целесообразности, что в целом позволяет говорить о том, что достижение указанных параметров на практике позволит обеспечить получение близкого к экономически рентабельному промыслу ряпушки озера Виштынецкого и сохранить необходимую для нормального воспроизводства данного вида численность запаса.

При использовании для целевого лова ряпушки озера Виштынецкого ставных сетей с шагом ячеи 12 мм применение интенсивности и селективности промысла ($t_c=2$ и $F=0.5$), обеспечивающих максимальный экономический улов, позволяет обеспечить сохранение минимальной численности запаса, необходимого для нормального воспроизводства, и соответствует одной из пар оптимальных значений указанных параметров, найденных в соответствии с моделью Рикера. Последующее увеличение шага ячеи в сетях позволяет достичь экономически целесообразного улова ряпушки при интенсивности промысла $F=0.6 \text{ год}^{-1}$. Возраст первой поимки будет определяться применением соответствующего шага ячеи в сетях: для сетей с шагом ячеи 14–16 мм возраст вступления в эксплуатацию будет соответствовать 2.3–2.7 годам, для сетей с шагом ячеи 18 мм – 3.5 годам, и при этом будет обеспечиваться биологическая стабильность запаса (Рисунок 11). Однако величина экономически оптимального улова будет снижаться с увеличением шага ячеи в сетях.

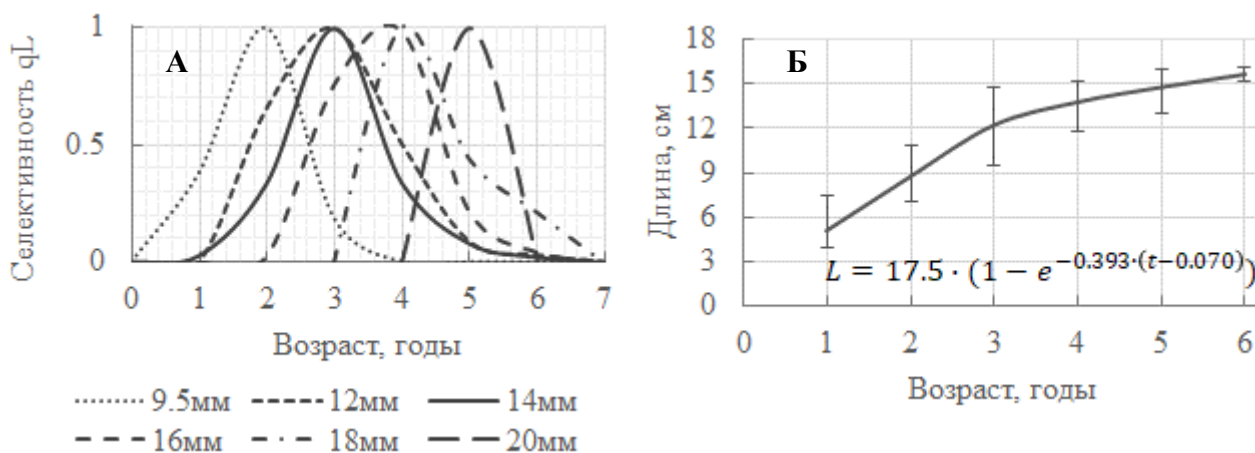


Рисунок 11 – Кривые селективности ставных сетей (А) и зависимость длины ряпушки от ее возраста (Б)

Анализ данных размерной структуры и динамики уловов на усилие ряпушки в ставных сетях показывает, что наибольшие по величине уловы в весовом выражении приходятся на сети с шагом ячеи 14 мм, а наибольшая доля по численности в уловах ставными сетями приходится на размерную группу 12 см (Рисунок 12). Принимая во внимание зависимость длины ряпушки от ее возраста (Рисунок 11), в соответствии с которой ряпушка длиной 12 см имеет возраст три года, для которого наибольший коэффициент селективности приходится на сети с шагом ячеи 14 мм, что, наряду с уловами на усилие, свидетельствует о более высоком коэффициенте уловистости сетей с данным шагом ячеи по сравнению с сетями с другим шагом ячеи.

Найденные оптимальные параметры промысла послужили основой расчета соответствующих параметров лова как для ставных сетей, так для возможного

тралового лова. Одним из важных показателей, принимаемым во внимание при оценке оптимальных параметров лова, является коэффициент уловистости орудия лова. Однако ввиду того, что коэффициент уловистости ставных сетей неизвестен, но встречаются работы, в которых предпринимаются попытки и описываются некоторые подходы к определению его величины (Лобырев, 2008; Лапшин, 2009), а в соответствии с результатами модели Рикера оптимальное значение промысловой смертности может быть разным для различных значений возраста вступления в эксплуатацию, для поиска оптимального вылова для соотношения между периодом промысла (t), промысловой смертностью (F_{opt}), количеством выставленных в сутки сетей (n) и коэффициентом их уловистости (q) была определена соответствующая зависимость (формула (1)).

$$t = 633.7 \cdot F_{opt} \cdot (1.125 \cdot q \cdot n)^{-1} \quad (1)$$

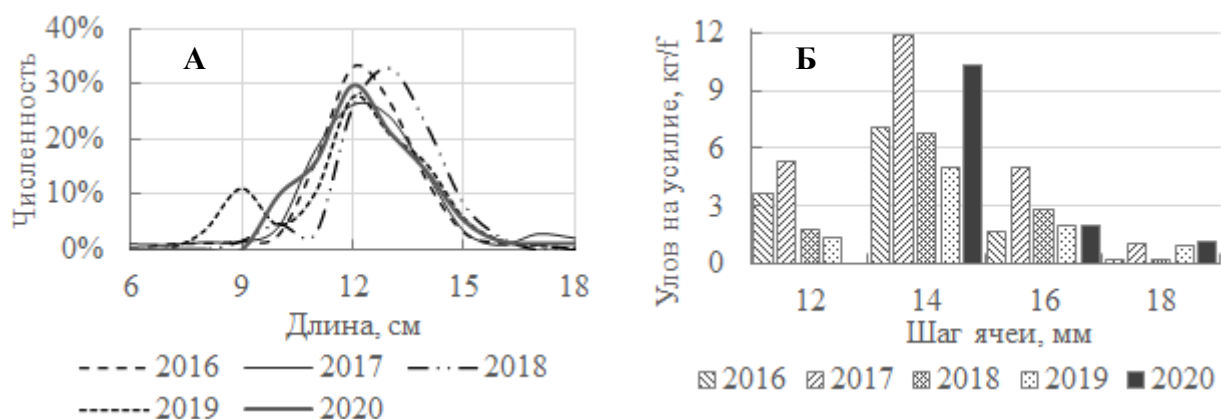


Рисунок 12 – Промыслово-биологические параметры ряпушки озера Виштынецкого: размерная структура уловов (А); зависимость уловов на усилие от шага ячеи (Б)

Кроме того учитывая, что при поиске оптимальных характеристик трала (с целью повышения скорости траления, удобства работы с тралом и т.п.) последние могут меняться, и то, что оценка коэффициента уловистости пелагического трала даже для текущих его характеристик требует дальнейшей верификации, для поиска оптимального улова для соотношения между шириной зоны облова трала (B), периодом промысла (t), промысловой смертностью (F_{opt}), количеством тралений в сутки (n) и коэффициентом уловистости трала (q) была определена соответствующая зависимость (формула (2)).

$$t = 633,7 \cdot F_{opt} \cdot (B \cdot V \cdot q \cdot n)^{-1} \quad (2)$$

Таким образом, задав количество сетей или количество часов тралений, которые бригада способна обработать в течение суток, можно определить оптимальную продолжительность промысла.

Ограничение объема рыбы, разрешенного к добыче, является базовой мерой регулирования рыболовства и фактически является косвенным способом регла-

ментирования интенсивности промысла. При этом оценка ОДУ, который с биологической точки зрения тождественен РВ, может базироваться на разных подходах. Результаты расчетов указанной величины различными методами с учетом оптимальных параметров промысла в соответствии с моделью Рикера и критерием $F_{0.1}$ дают оценку в 11.2–12.0 т, что сопоставимо с официально установленной на 2021 год величиной возможного вылова ряпушки озера Виштынецкого, равной 11.4 т и может свидетельствовать о достоверности полученных результатов. С учетом только биологических ориентиров максимально возможный вылов составит 14.7 т.

При сохранении в ближайшие годы размерно-возрастной структуры ряпушки озера Виштынецкого и численности ее популяции на уровне 10 млн. особей (средняя численность за последние четыре года по данным гидроакустических исследований) максимальный объем вылова составит 22.3 т, который может быть достигнут при разной интенсивности промысла в зависимости от используемых орудий лова (Таблица 1).

Таблица 1 – Промысловое усилие, которое требуется развить на озере Виштынецком для достижения максимального вылова ряпушки

Используемое орудие лова	Кол-во сетей/число тралений в сутки
ставные сети стандартной длины, период промысла – 143 дня	
ячей 14 мм	75 сетей
ячей 16 мм	98 сетей
ячей 18 мм	264 сети
разноглубинный трал, период промысла – 90 суток	
разноглубинный трал (с шагом ячей в кутке, обеспечивающим возраст первой поимки t_c , равный 2 года)	5 часовых тралений (с учетом граничных ориентиров промысла максимально возможный вылов составит 18.9 т)
разноглубинный трал (с шагом ячей в кутке, обеспечивающим возраст первой поимки t_c , равный 3 года)	18 часовых тралений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые на озере Виштынецком проведены комплексные исследования пелагического ихтиоценоза с использованием набора пелагических ставных сетей, разноглубинного трала и гидроакустических средств, что позволило отработать методику его изучения. Проведенные работы позволили актуализировать данные по морфометрической структуре озера Виштынецкого, построить трехмерную модель рельефа его дна, оценить видовую структуру пелагического ихтиоценоза водоема и его пространственно-временную динамику, провести количественную оценку численности ряпушки, разработать промысловую модель и оценить оптимальные параметры промысла данного вида на озере.

По работе можно сделать следующие выводы:

1) Морфометрические характеристики озера Виштынецкого, сезонная стратификация вод оказывают влияние на пространственное и временное распределение его пелагического ихтиоценоза.

2) Методика комплексного изучения пелагического ихтиоценоза включает в себя проведение обловов ставными пелагическими сетями на всех горизонтах глубин и параллельное проведение трех основных видов гидроакустических съе-мок.

3) В пелагиали озера Виштынецкого отмечено 8 видов, из которых доминирующим является ряпушка, которая по численности и биомассе в уловах составляет 97% и 95% соответственно (в диапазоне глубин от 10 м до придонного слоя).

4) Для ряпушки озера Виштынецкого характерны суточные вертикальные миграции: в дневное время количество обнаруживаемых скоплений невелико, и они приурочены в основном к придонной части водоема (слой глубин 25–35 м). Ночные скопления имеют разреженную структуру, многочисленны, средняя плотность скоплений превосходит дневные показатели более чем в 10 раз.

5) В ночное время суток в верхних горизонтах (глубины 10–20 м) преобладают мелкогазмерные особи ряпушки (до 10 см). С увеличением глубины размерная структура меняется в сторону увеличения ее длины, и на глубинах более 30 м преобладают особи длиной более 10 см. В центральной части водоема в местах, приуроченных к глубоководным впадинам, а также в глубоководной впадине южной части озера преобладают особи длиной более 6 см, в то время как на склонах на относительно мелких участках водоема (с глубинами менее 30 м) отмечается преобладание особей с длиной менее 6 см.

6) Вертикальные миграции ряпушки имеют выраженный сезонный характер. В период весенней и осенней гомотермии ряпушка в ночное время суток распределена во всей толще воды в слое глубин 10–35 м, высота слоя скоплений может достигать 25 м, максимальные концентрации формируются в слое глубин 15–25 м. Летом, в период установления слоя температурного скачка, ряпушка ночью концентрируется под термоклином в глубоководной зоне и не поднимается выше 12–15 м. Выделяются два основных слоя скоплений – 15–20 и 25–35 м – основные концентрации при этом формируются в слое глубин 25–35 м.

7) Распределение ряпушки по акватории водоема определяется его температурными и морфологическими условиями. В период весенней гомотермии карта плотностей ее скоплений имеет рассредоточенный характер распределения по акватории, начиная с глубин 12–15 м. По мере образования слоя температурного скачка (летний период) площадь акватории, приемлемая для ее обитания, сокращается более чем в 1.5 раза, ряпушка мигрирует в сторону больших глубин (15 м и ниже), а ее скопления приурочены к глубоководным впадинам.

8) В период с 2016 по 2020 годы среднегодовая численность ряпушки составила 9.95 ± 1.35 млн. особей, средняя биомасса – 51.5 ± 7.0 т.

9) Достижение максимальных объемов вылова ряпушки при введении тралового лова возможно при выполнении 18 часовых тралений в сутки в течение 90 дней и использовании шага ячеи в кутке, обеспечивающем возраст первой поимки, равный трем годам. Сетной промысел ряпушки наиболее эффективен ставными сетями с шагом ячеи 14 мм, достижение максимального объема вылова которыми потребует постановки 75 сетей в сутки в течение 143 дней.

По результатам проделанной работы могут быть даны следующие практические рекомендации, касающиеся проведения учетных съемок по количественной оценке запасов ряпушки и ведения и организации промысла данного вида:

1) Выполнение учетных съемок по количественной оценке численности ряпушки озера Виштынецкого необходимо проводить в ночное время суток в период нахождения рыбы в толще воды. Предпочтительное время проведения – август месяц, в период установления слоя температурного скачка и формирования придонной гипоксии, которые лимитируют верхнюю и нижнюю границы вертикального ее распределения.

2) Оптимальное время работы ставных сетей и проведения тралений – ночное время суток; оптимальные горизонты лова – 25–35 м в период установления слоя температурного скачка (август – сентябрь месяцы); 15–25 м в период гомотермии и формирования слоя температурного скачка. При этом должно обеспечиваться наличие 3–5-метровой буферной зоны между нижней подборой сети/трала и дном.

3) Целесообразно развитие тралового лова, т.к. это позволит сократить период промысла ряпушки до 90 суток и проводить траления в период с июля по сентябрь месяцы в период формирования наибольших концентраций в толще воды, а также повысить товарное качество рыбы за счет отсутствия этапа обработки сетей, при котором рыба травмируется при выборе ее из сетеполотна. Оптимальный набор ячей в ставных сетях – 14–18 мм. Большой размер шага ячеей не улавливает ряпушку, применение более мелкого шага ячеей (14 мм и ниже) увеличивает время обработки улова.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

1 Шибает, С.В. Гидроакустические исследования популяции ряпушки озера Виштынецкого Калининградской области / С.В. Шибает, А.В. Соколов, А.В. Алдушин, В.А. Шкицкий, М.Н. Шибаета // Рыбное хозяйство. – 2012. – №2. – С. 73–75.

2 Алдушин, А.В. Гидроакустические исследования пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого Калининградской области / А.В. Алдушин, С.В. Шибает // Биология внутренних вод. – 2016. – №4. – С. 1–10.

Статьи в изданиях из международных баз Scopus

3 Shibaev, S.V. Current status of the lake Vistytis in Kaliningrad region / S.V. Shibaev, A.V. Sokolov, K.V. Tylik, T.A. Bernikova, M.N. Shibaeva, E.A. Masyutkina, N.N. Nagornova, A.V. Aldushin, S.K. Zaostrovtsava // Terrestrial and Inland Water Environment of the Kaliningrad Region / Environmental Studies in the Kaliningrad Region. – 2017. – Part 4. – Springer. – P. 441–480.

Статьи, опубликованные в других изданиях

4 Шибаев, С.В. Современное состояние исследований морфологических особенностей озера Виштынецкого / С.В. Шибаев, Т.А. Берникова, А.В. Алдушин, Д.М. Лях // Инновации в науке и образовании – 2008: VI юбилейная международная научная конференция, посвященная 50-летию пребывания КГТУ на Калининградской земле (21–23 октября 2008 года): труды. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – Ч.1. – С. 156–158.

5 Шибаев, С.В. Первые результаты оценки численности рыб методом гидроакустики в оз. Виштынецком Калининградской области / С.В. Шибаев, А.И. Дегтев, А.В. Алдушин, А.В. Соколов // Инновации в науке и образовании – 2007: V международная научная конференция (23–25 октября 2007 г.): труды. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2007. – С. 97–98.

6 Шибаев, С.В. К оптимизации промысла ряпушки (*Coregonus albula L.*) в озере Виштынецком Калининградской области в современных условиях / С.В. Шибаев, А.В. Соколов, А.В. Алдушин // Инновации в науке и образовании – 2009: VII международная научная конференция (20–22 октября 2009 г.): труды: в 2 ч. – Калининград: КГТУ, 2009. – Ч.1. – С. 49–50.

7 Шибаев, С.В. Современное состояние популяции ряпушки (*Coregonus albula L.*) в озере Виштынецком Калининградской области / С.В. Шибаев, А.В. Соколов, А.В. Алдушин // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб: Седьмое всероссийское научно-производственное совещание (15–19 февраля 2010 г.): материалы. – Тюмень, 2010. – С. 64–68.

8 Шибаев, С.В. Пространственно-временная динамика ихтиоценоза пелагиали оз. Виштынецкого Калининградской области / С.В. Шибаев, А.В. Алдушин // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов. I Всероссийская конференция с международным участием (12–16 сентября 2011 г. Борок, Россия): материалы докладов. – М.: Акварос, 2011. – Т.2. – С. 852–859.

9 Шибаев, С.В. Первые результаты экспериментального тралового лова в оз. Виштынецком Калининградской области / С.В. Шибаев, С.В. Левченко, А.В. Алдушин, О.А. Новожилов, А.В. Белых // Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2012: IX Международная научная конференция: материалы. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – С. 71–73.