



ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ  
ИЗМЕНЕНИЙ В ОЗЕРЕ ВИШТЫНЕЦКОМ  
(КАЛИНИГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ) НА  
ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЛОВОВ  
ЕВРОПЕЙСКОЙ РЯПУШКИ

Е.В. Кривопускова, вед. инженер

katekrivopuskova@gmail.com

А.В. Соколов, канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Калининградский

государственный технический университет»,

Данные о сезонных изменениях температурного режима оз. Виштынецкого позволили выявить наиболее благоприятные сроки организации промысла европейской ряпушки. Так, в периоды с июня по август и с середины ноября по декабрь наблюдаются наибольшие уловы на промысловые усилия. В летние месяцы это связано с ограничением слоя скачка водной толщи, благоприятной для существования данной популяции, а зимой европейская ряпушка формирует крупные нерестовые скопления, приуроченные к глубинам 15–20 м.

*температура, вертикальное распределение, ряпушка, оз. Виштынецкое*

Современные процессы урбанизации, глобальные климатические изменения и увеличение темпов антропогенного воздействия на водные экосистемы активно влияют на абиотические условия в водоемах и водотоках, а особенно на их термический режим. В свою очередь формирующийся температурный режим водоема оказывает огромное влияние на различные гидробиологические сообщества, населяющие водную экосистему.

Температурная среда пресноводного водоема может быть относительно однородной, но чаще она различна, что в особенности характерно для глубоководных водных объектов. Термоградиентные условия возникают весной и осенью в период прогрева и охлаждения воды, а также при образовании термоклина на достаточно глубоких участках [1]. Климатические изменения и антропогенное воздействие могут влиять на временной сдвиг смены термоградиентных условий, а также сглаживать сезонные температурные условия, тем самым изменяя условия существования гидробионтов, а при длительном влиянии – привести к смене гидробиологических сообществ.

В результате протекающих процессов у рыбного населения водоема возникают различные адаптации, позволяющие им существовать в оптимальном диапазоне температур. Одной из таких адаптаций является терморегуляционное поведение, которое представляет собой самопроизвольный выбор зоны окончательно избираемой температуры в градиентных условиях, другими словами – это вертикальная миграция популяций рыб в водоеме [1].

Данные о сезонном вертикальном распределении рыбных ресурсов в водных объектах становятся важной теоретической и практической информацией, позволяющей эффективно организовывать промышленное рыболовство в исследуемых районах. Эти знания позволяют определить точные сроки промысла для получения наибольших уловов наиболее ценных объектов рыболовства с меньшими экономическими затратами.

В Калининградской области наиболее крупным внутренним пресноводным водоемом, в котором осуществляется промышленное рыболовство, является оз. Виштынецкое. Экологическое состояние озера позволяет сосуществовать в его экосистеме как представителям бореального комплекса (окунь, ерш, лещ и др.), так и арктического (европейский сиг и европейская ряпушка). В то же время европейская ряпушка является единственным многочисленным

ценным промысловым видом из представителей арктического фаунистического комплекса в ихтиофауне оз. Виштынецкого.

Как и все сиговые, европейская ряпушка предпочитает холодные глубоководные водоемы, в которых формируются благоприятные температурные и кислородные режимы на всем протяжении года. Однако особенно остро ряпушка реагирует на изменение температуры. Формирование прогретых слоев в водоеме заставляет особей данного вида образовывать плотные скопления, тем самым увеличивая эффективность ведения промысла. В то же время прогрев всей толщи воды до температуры выше 15 °С, особенно в летний период, приводит к формированию экстремальных условий для популяции в целом, а также появляется возможность возникновения заморных явлений.

Целью данного исследования является выявление закономерностей вертикального распределения уловов европейской ряпушки с учетом сезонных изменений температурного режима в оз. Виштынецком.

В рамках данной работы использовался материал, собранный на оз. Виштынецком в период с 2008 по 2017 гг., а также данные, полученные из ИАС «Рыбвод». Сбор ихтиологического материала производился по стандартным методикам ставными сетями с шагом ячеи с 10 до 24 мм (в интервале 2 мм). Данные о сезонной изменчивости температурного режима в водоеме были получены в течение многолетних мониторинговых работ на водоеме. Сетка станций формировалась с учетом обловов всех возможных биотопов. Измерения температуры на станциях производились с помощью глубоководного термометра и глубоководного датчика температуры WTW Multi 197i через каждые 2 м. Анализ вертикального распределения уловов производился с использованием данных промысловой статистики и материала, полученного кафедрой «Ихтиологии и экологии», приведенных к улову на промысловое усилие (*улов на усилие (catch per unit effort) – это отношение величины улова к промысловому усилию, затрачиваемому на его добычу*).

Виштынецкое озеро – поистине уникальный для Калининградской области водоем. В соответствии с классификацией И.В. Баранова оно относится к группе глубоких озер, в которых ветровое перемешивание не везде проникает до дна. В нем обнаружены очень многие гидрологические особенности, характерные таким крупным озерам, как Ладожское, Онежское и даже Байкал.

Озеро Виштынецкое расположено на юго-востоке Калининградской области, на границе с Литовской и Польской республиками, входя в систему подобных озер Литовской (на северо-западе) и Мазурской (на севере) озерных областей. Оно имеет ледниковое происхождение, благодаря чему рельеф дна озера очень сложный. Поперечным порогом чаша озера разделена на две неравные котловины: северо-западную и юго-восточную, что в свою очередь сказывается на формировании температурных условий в водоеме [2].

Большую часть общей площади озера занимают глубины от 10 до 30 м – около 50 %, глубины менее 10 м занимают 35 %, а более 30 м – 15 % общей площади озера.

Рыб оз. Виштынецкого по месту обитания можно разделить на три группы: пелагические, донные и занимающие промежуточное положение. Пелагические виды представлены ряпушкой и уклейей. В водной толще зоны их обитания, как правило, не перекрываются. Ряпушка является самым многочисленным видом в озере и обитает в летний период в гипolimнионе ниже термоклина [2].

Термические процессы в озере развиваются по схеме, характерной для пресноводных глубоких водоемов. Согласно усовершенствованной термической классификации П.Ф. Домрачева (1922) (Китаев, 1975, 1978, 1984) оз. Виштынецкое можно отнести к классу умеренно-холодных водоемов, где средняя интегральная температура всего озера в летний период находится в диапазоне от 10–15 °С [3].

Согласно работам Берниковой Т.А. [2, 4-6], в зимний период, начиная с февраля (в остальное время во время проведения мониторинговых работ озеро было покрыто льдом) температура воды с глубиной понижается от значений, близких к температуре замерзания

воды у поверхности, до 4 °С в придонных горизонтах, т. е. в водоеме формируется обратная стратификация (рис. 1).

С началом весеннего сезона, по мере прогрева воды, который у берегов быстрее, чем в открытой части озера, у побережья возможно появление термобара («стенки», сформированной наиболее плотной водой при температуре, близкой к 4 °С), изолирующего прибрежное мелководье, но еще позволяющего активно развиваться икре, отложенной представителями арктического фаунистического комплекса.

Термобар делит озеро на две части: у берега устанавливается стратификация наступающего сезона, в открытой части еще сохраняется стратификация уходящего. По мере прогрева и развития весенних процессов термобар отодвигается от берега. Температура воды в открытом озере в результате ветрового и конвективного перемешивания становится во всей толще одинаковой (март, апрель), т. е. устанавливается весенняя гомотермия, термобар постепенно исчезает [4-6].

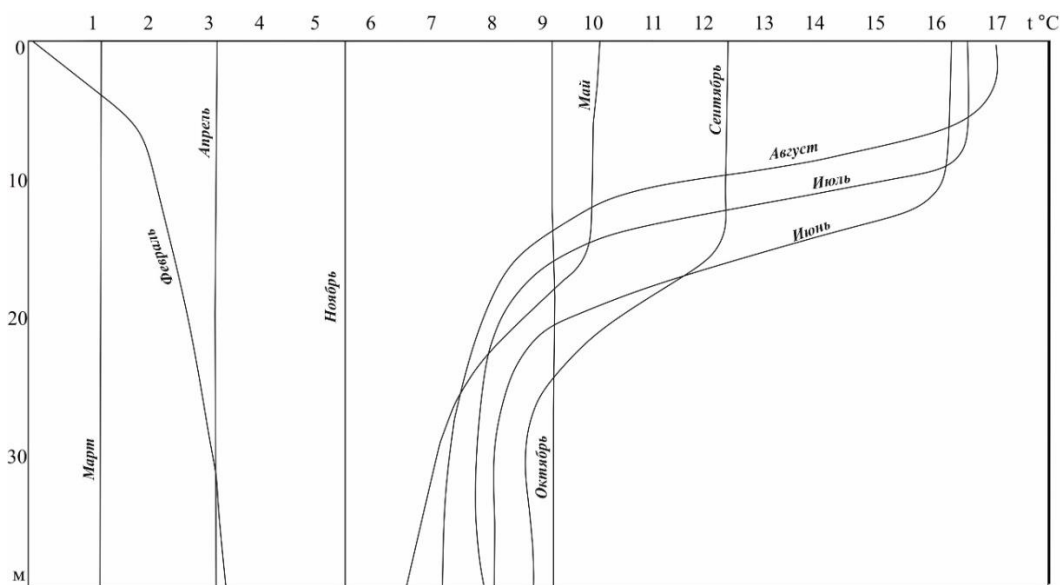


Рисунок 1 – Типичные кривые вертикального распределения температуры воды в Северной впадине [4-6]

В конце весны в результате прогрева поверхностного слоя воды начинает формироваться прямая стратификация, при которой температура воды с глубиной уменьшается: появляется слой скачка плотности, пока еще не резко выраженный.

Летом вертикальные градиенты в слое скачка становятся большими, падение температуры воды иногда достигает 2,5 °С на каждый метр глубины.

Слой скачка делит водную толщу на три слоя: эпилимнион (верхний, над слоем скачка), металимнион (сам слой скачка) и гипolimнион (нижний, под слоем скачка).

В эпилимнионе условия во всем слое достаточно однородны, но изменчивы во времени и наиболее зависимы от погодных условий. Данные суточных станций (наблюдения проводились каждые 3–4 часа) показали, что суточный ход температуры воды летом выражен слабо (суточная амплитуда в слое 0–3,6 м в период мониторинговых наблюдений не превышала 2 °С); в гипolimнионе (20–25 м) временной ход практически отсутствовал. Эпилимнион достаточно хорошо насыщен кислородом [4-6].

В металимнионе происходит быстрее переход от условий среды над ним к условиям среды в глубинах озера.

Для гипolimниона характерна однородность условий среды и относительное постоянство их во времени. Этот слой всегда холодный, почти не подвержен колебаниям во времени, поскольку ни конвективное, ни ветровое перемешивание обычно не могут преодолеть сопротивление слоя скачка плотности.

Погодные условия в период прогрева озера оказывают большое влияние не только на время установления, глубину и толщину слоя скачка, но также и на вертикальные градиенты в нем [4-6].

Многолетние наблюдения показали, что независимо от прогрева эпилимниона и величины вертикальных градиентов в слое скачка, его нижняя граница летом (за очень редким исключением) не опускается ниже 13–15 м. Однако сроки его формирования иногда сильно варьировали из года в год. Так, в 2011 г. в результате достаточно теплой весны термоклин устойчиво сформировался на всей акватории озера уже в начале июня на глубине 10 м и по мере прогрева лишь опускался, тогда как в аномально холодный для Калининградской области 2017 г. слой скачка не имел четких границ к середине июня, а его глубина залегания сильно зависела от пространственного расположения станции (рис. 2).

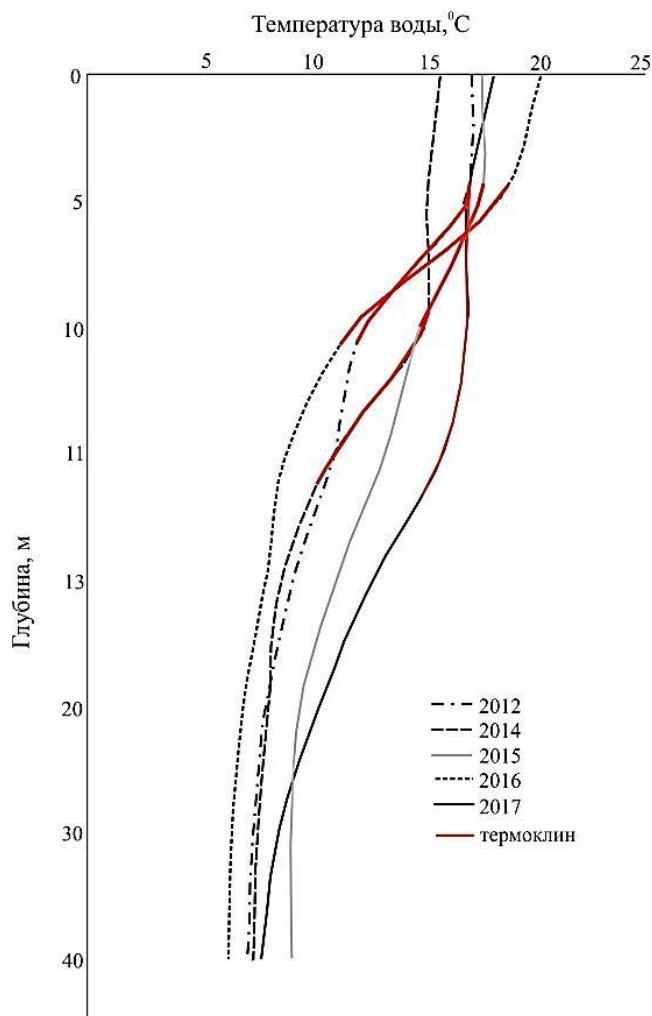


Рисунок 2 – Глубина формирования термоклина («слоя скачка») в Северной котловине (50 м) в летний период

В целом необходимо отметить, что температурный режим северной и южной части озера может значительно различаться, особенно эта динамика заметна при анализе температуры в эпилимнионе. Южная часть озера закономерно более прогрета, чем северная, это обуславливается морфометрическими особенностями водоема, а также его географическим расположением.

По мере осеннего охлаждения в результате ветрового и конвективного перемешивания слой скачка углубляется и становится менее выраженным. Поскольку мелководье у берегов охлаждается быстрее, и в них раньше складывается осенний тип стратификации, чем в глубокой части озера, что приводит к формированию осеннего термобара, как и весной, по мере развития осенних процессов термобар отодвигается от берега и постепенно смывается.

Вся толща вод оказывается равномерно охлажденной – устанавливается осенняя гомотермия (октябрь, ноябрь). После достижения толщей воды температуры, близкой к 4 °С, поверхность озера быстро остывает до температуры замерзания [4-6].

Европейская ряпушка, как уже говорилось ранее, является представителем арктического фаунистического комплекса, в виду этой особенности оптимальные температуры жизнедеятельности для нее находятся в пределах от 4 до 14 °С. Поэтому в результате прогрева водной толщи в глубоководных водоемах данный вид опускается в глубь толщи, показывая тем самым пример терморегуляционного поведения.

Терморегуляционное поведение – это выбор температуры, отличающейся от температуры акклиматизации, при помещении рыб в термоградиентные условия или в случае формирования данных условий в среде обитания. Следует отметить, что в отличие от акклиматизации, когда изменения условий среды заставляют животных приспосабливаться, в данном случае реакция возникает самопроизвольно, спонтанно. Рыбы выбирают новые температурные условия, которые более соответствуют их физиологическому состоянию. Необходимо отметить, что физиологические процессы и поведенческие особенности европейской ряпушки сильно зависят от температуры окружающей среды, так оптимальным диапазоном температур для нагула европейской ряпушки является диапазон от 14 °С, с повышением температуры до 20–22 °С интенсивность питания падает вплоть до полного прекращения питания [7]. Поэтому основным фактором вертикальной миграции популяции ряпушки в оз. Виштынецком являются температурные условия водоема, тогда как пищевая миграция является косвенной.

В Виштынецком озере прослеживается следующая тенденция проявления европейской ряпушкой терморегуляционного поведения, согласно данным уловов. Весной при гомотермии (как указано выше) и начале слабого прогрева вод популяция данного вида разрежена по всей толще водоема (рис. 3). Она встречается в уловах различных орудий лова независимо от места и глубины их установки. При этом установить предрасположенность высоких концентраций ряпушки к какой-то определенной глубине сложно, что приводит к незначительным уловам и экономически неэффективному ведению промысла в данный период.

С середины мая начинается интенсивный процесс прогрева вод и формирования летней стратификации (рис. 1). Сформировавшийся в мае термоклин начинает ограничивать пространство с оптимальными для существования популяции европейской ряпушки абиотическими факторами (относительно низкие температуры воды и высокий уровень концентрации кислорода в воде). Слой скачка сокращает на 40 % объем водных масс, доступных для благоприятного состояния популяции. Вследствие этих процессов популяция ряпушки начинает образовывать относительно крупные скопления, при этом, чем сильнее проникают теплые воды ко дну, тем плотнее становятся скопления, что отражается на уловах.

Основной улов в этот период приходится на орудия лова, установленные в толще воды над глубинами 30–45 м. В то же время присутствует небольшой процент уловов на мелководных станциях, однако это лишь единичные поимки и в штучном выражении эти уловы не превышали 10 экз. за весь летний сезон.

Осенью в результате охлаждения вод в озере устанавливается гомотермия. Если в сентябре еще можно выделить определенные приуроченные к глубинам уловы, то с октября ряпушка снова рассеивается по всей акватории (улов на усилие падает до 0,15). Несмотря на это, необходимо отметить отсутствие уловов над глубинами свыше 40 м, хотя в летние месяцы и с середины мая формирующиеся в этом диапазоне глубин скопления ряпушки дают относительно высокие уловы (улов на усилие 1,1–1,4). Такая закономерность связана с особенностью питания данного вида. Европейская ряпушка, являясь планктонофагом, при установлении осенней гомотермии поднимается ближе к поверхности и уходит на мелководье, где формируются скопления зоопланктонных организмов.

При анализе распределения уловов в зимний период необходимо учитывать, что именно на это время приходится нерест исследуемого вида. Толчком к началу нереста для ряпушки является понижение температуры до 4–5 °С, то есть до температуры нереста. До

наступления температуры нереста ряпушка формирует нерестовые скопления на глубинах, наиболее близких к району нереста. Это глубины от 15 до 20 м (впервые обнаружены в рамках исследований кафедры «Ихтиологии и экологии» в декабре 2008 г). При достижении температуры нереста скопления начинают миграцию к глубинам 10–15 м и выше, и происходит нерест. После чего отнерестившиеся особи снова распределяются по всей толще водоема до начала следующего прогрева вод.

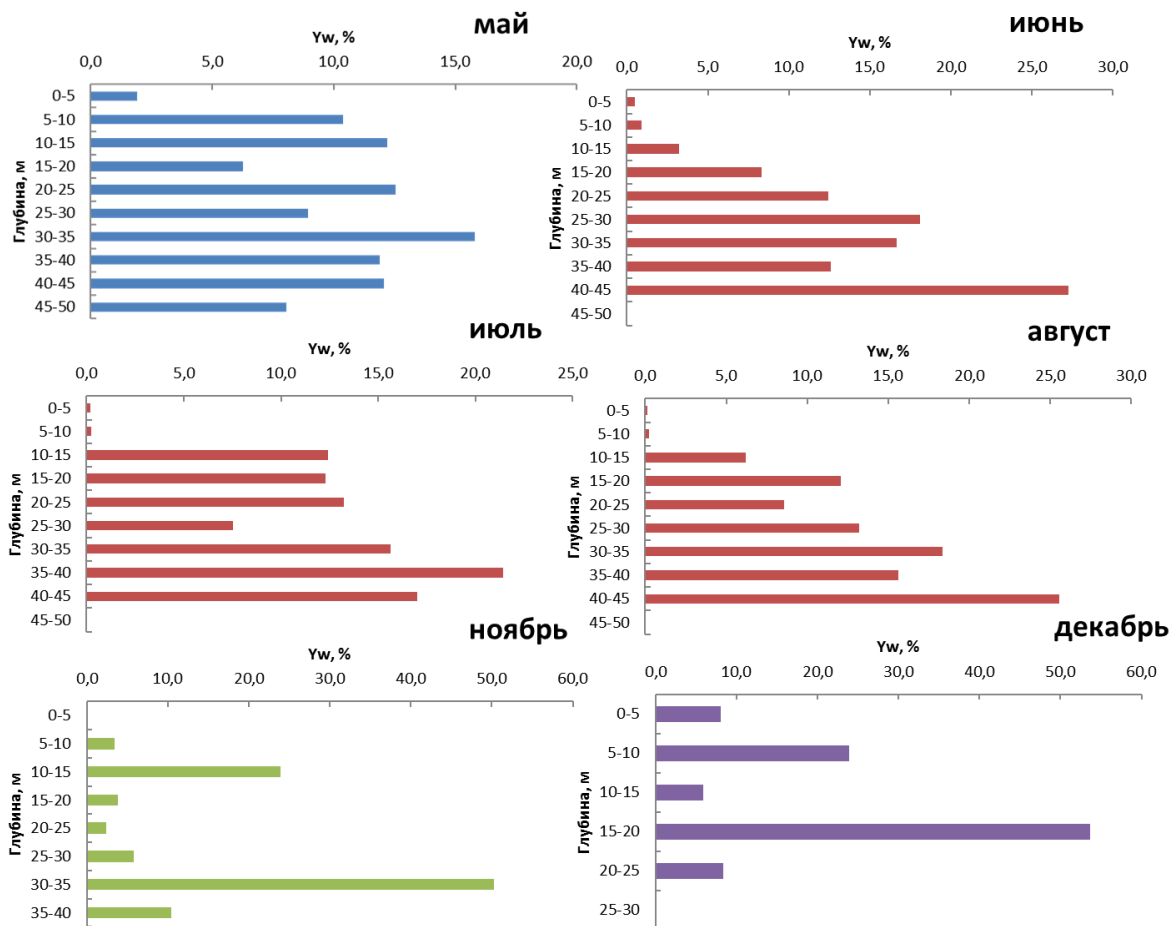


Рисунок 3 – Распределение уловов европейской ряпушки над различными глубинами по данным контрольных уловов 2000–2017 гг.

Температурный режим оз. Виштынецкого, как было показано выше, оказывает большое влияние на распределение промысловых уловов европейской ряпушки. Максимальные объемы вылова наблюдаются с середины мая до начала сентября, когда в результате стратификации вод и образования термоклина популяция образует высокие концентрации, при этом пик уловов приходится на конец июля – начало августа, именно в этот период отмечается наибольшая глубина залегания слоя скачка (15 и более м) и наибольшие плотности скоплений. Ведение промысла в данный период наиболее экономически выгодно (улов на усилие возрастает с 0,3 в мае до 0,67 в августе). Однако при планировании промысла необходимо учитывать предшествующие погодные условия, которые могли бы оказать влияние на формирование термоклина в озере.

По мере установления гомотермии в озере эффективность орудий лова падает (улов на усилие снижается до 0,1–0,2 в конце сентября – начале октября). Однако в то же время к концу ноября – началу декабря популяцией европейской ряпушки формируются нерестовые скопления (улов на усилие увеличивается до 0,5), которые при предостереженном подходе эксплуатации популяции и минимальных уловах позволят получать достаточную прибыль для постоянной рыболовецкой бригады на оз. Виштынецком, примером могут служить «ряпушковые» озера Германии и Финляндии, где возможен вылов европейской ряпушки в нере-

стовый период с последующим частичным искусственным воспроизводством, что в свою очередь, учитывая особенности биологии ряпушки (короткоцикловый вид с высокой естественной смертностью в первые годы жизни), не окажет сильного влияния на состояние популяции при наличии должного контроля за численностью и пополнением. В настоящий момент лов ряпушки в оз. Виштынецком в зимний период запрещен правилами рыболовства.

Полученные данные о зависимости уловов европейской ряпушки от температурных условий в озере в дальнейшем возможно использовать для организации и оптимизации круглогодичного промысла на оз. Виштынецком и внесения изменений в Правила рыболовства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голованов, В.К. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб / В.К. Голованов; ИБВВ РАН. – Москва: Изд-во ПОЛИГРАФ-ПЛЮС, 2013. – 300 с.
2. Берникова, Т.С. Физико-географическая и гидрологическая характеристика // Озеро Виштынецкое / Т.С. Берникова. – Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина», 2008. – С. 20–40.
3. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов = Basic General Limnology for Hydrobiologists and Ichthyologists / С.П. Китаев; Карельский науч. центр Российской акад. наук, Ин-т биологии. – Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2007. – 394 с.
4. Биологические основы рационального рыбохозяйственного использования малых озер: Отчет о НИР/ Калининградский техн. ин-т рыбной пром-ти и хоз-ва; Руководитель В.И. Скорняков; № ГР 76029502; инв. № 5736811. – Калининград, 1978. – 140 с.
4. Структура ихтиоценоза и биологическое обоснование схемы рационального рыбного хозяйства озера Виштынецкого: отчет о НИР (заключительный) / рук. Работы В.И. Скорняков. – Калининград: [б. и.], 1990. – 60 с.
5. Биологические основы рационального рыбохозяйственного использования малых озер: Отчет о НИР/ Калининградский техн. ин-т рыбной пром-ти и хоз-ва; Руководитель В.И. Скорняков; № ГР 76029754; инв. № 5736941. – Калининград, 1980. – 140 с.
7. Характеристика состава пищи ряпушки (*Coregonus albula*) озера Виштынецкого (Калининградская область) в современных условиях / Е.В. Кривоускова [и др.] // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2014. – №32. – С. 107–115.

## INFLUENCE OF SEASONAL TEMPERATURE CHANGES IN THE LAKE VISHTYNECKOE (KALINIGRAD REGION) ON THE VERTICAL DISTRIBUTION OF THE CATCH OF THE VENDACE

E.V. Krivopuskova, Leading Engineer  
katekrivopuskova@gmail.com

A.V. Sokolov, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor  
Kaliningrad State Technical University

Information of seasonal changes in the temperature regime of the lake Vishtynetskoe allowed identifying the most favorable terms for the organization of the fishery of vendace. Thus, during the periods from June to August and from the middle of November to December, the greatest catches for fishing efforts are observed. In the summer months, this is due to the restriction of the layer of the shock of the water column, favorable for the existence of this population, and in winter the European vendace forms large spawning clusters confined to a depth of 15-20 m.

*temperature, vertical distribution, vendace, lake Vishtynetskoe*